

# **Uthållighetsprestationsförmågan hos ryggmärgsskadade idrottare**

Fysiologiska egenskaper som är relevanta vid konditionstestning

En systematisk litteraturstudie

Livia Väresmaa

EXAMENSARBETE	
Arcada	
Utbildningsprogram:	Idrott och hälsopromotion
Identifikationsnummer:	4379
Författare:	Livia Väresmaa
Arbetets namn:	Uthållighetsprestationsförmågan hos ryggmargsskadade idrottare. Fysiologiska egenskaper som är relevanta vid konditionstestning. En systematisk litteraturstudie.
Handledare (Arcada):	Katri Pullinen
Uppdragsgivare:	
<p>Sammandrag:</p> <p>Ryggmargsskadade idrottare har individuella förändringar i de metaboliska, kardiorespiratoriska, neuromuskulära och värmereglerande systemen som alla påverkar prestationsnivån. I den här studien går närmare in på dem som är relevanta för uthållighetsprestationsförmågan och hur den ryggmargsskadade idrottaren påverkas av dem då uthållighetsprestationsförmågan mäts. Syftet var att undersöka de fysiologiska egenskaper som är relevanta i konditionstestning av uthållighetsprestationsförmågan hos ryggmargsskadade idrottare. Examensarbetet har två frågeställningar: 1) Hur skiljer sig de fysiologiska egenskaper som är relevanta i konditionstestning av uthållighetsprestationsförmågan hos ryggmargsskadade idrottare jämfört med dessa hos icke-handikappade idrottare? 2) Hur påverkar graden av ryggmargsskada de olika fysiologiska egenskaper som normalt konditionstestas? Examensarbetets metod var en systematisk litteraturstudie. Litteratursökningen gjordes i databaserna PubMed och SportDiscus EBSCO och 16 artiklar från år 2002 framåt kvalitetsgranskades och ingick i litteraturstudiedelen. De huvudsakliga svaren på den första forskningsfrågan är att de ryggmargsskadade idrottarna utgör en mycket komplex grupp och att det inte finns referensvärden för hjärtfrekvens, syreupptagningsförmåga, laktat- och ventilationsnivåer på motsvarande sätt som för icke-ryggmargsskadade idrottare. Ryggmargsskadade idrottare kan delvis utveckla en bättre uthållighetsprestationsförmåga enligt motsvarande principer som icke-ryggmargsskadade idrottare. Hjärtfrekvens och <math>VO_2</math> är sämre parametrar i mätning av den medan mätning av laktatnivåer passar bäst för en bestämning av uthållighetsprestationsförmågan bland ryggmargsskadade idrottare. Det huvudsakliga svaret på den andra forskningsfrågan är att man generellt kan konstatera att skadenivån och -omfattning samt personliga karakteristika långt bestämmer hur väl de fysiologiska egenskaper som normalt konditionstestas betar sig och lämpar sig för mätning hos ryggmargsskadade idrottare. Övriga slutsatser är att de autonoma funktionernas roll är av större vikt än man tidigare trott. De borde ingå som en faktor då ryggmargsskadade idrottare klassificeras. Jämförbara resultat i olika undersökningar saknas delvis för att standardiserad konditionstestningsutrustning inte finns.</p>	
Nyckelord:	Ryggmargsskada, uthållighetsprestationsförmåga, aerob uthållighet, hjärtfrekvens, syreupptagningsförmåga, laktat, ventilation
Sidantal:	70
Språk:	Svenska
Datum för godkännande:	

DEGREE THESIS	
Arcada	
Degree Programme:	Sports and Health Promotion
Identification number:	4379
Author:	Livia Väresmaa
Title:	The aerobic endurance among athletes with a spinal cord injury. Physiological features normally being tested for fitness level. A systematic review.
Supervisor (Arcada):	Katri Pullinen
Commissioned by:	
<p>Abstract:</p> <p>Athletes with a spinal cord injury (SCI) have unique changes in the metabolic, cardiorespiratory, neuromuscular and thermoregulative systems that have an impact on the athletic performance. This study presents those features that are relevant for the aerobic endurance when it comes to the SCI athlete. The purpose of this study was to examine the physiological features normally being tested for level of aerobic endurance among the SCI athletes. The study has two research questions: 1) In what matter are the physiological features normally being tested for aerobic endurance different among SCI athletes compared to able-bodied subjects? 2) What influence does the level of lesion have on the physiological features normally being tested for aerobic endurance? The method of this study was a systematic review. The search for scientific articles was done on the the databases PubMed and SportDiscussEBSCO and 16 original articles from the year of 2002 and newer were checked by a quality check and included in the literature review part. The main findings were that the group of SCI athletes is very complex and that there are no reference values for heart rate, oxygen consumption, lactate nor ventilation that can be used in particular. A SCI athlete can partly develop a better aerobic endurance according to the same principles as able-bodied subjects. Heart rate and <math>VO_2</math> are not suitable for comparable data, while lactate measurements are proven to be a good measure for determining the aerobic endurance level among athletes with a SCI. Generally, it is the level and completeness of the lesion together with personal features that define the physiological features normally being tested for aerobic endurance. Furthermore, the role of the autonomic functions should be considered when classifying SCI athletes and standardized equipment used in testing procedures.</p>	
Keywords:	Spinal cord injury, aerobic endurance, aerobic fitness, heart rate, oxygen consumption, lactate, ventilation
Number of pages:	70
Language:	Swedish
Date of acceptance:	

OPINNÄYTE	
Arcada	
Koulutusohjelma:	Liikunta ja terveyden edistäminen
Tunnistenumero:	4379
Tekijä:	Livia Väresmaa
Työn nimi:	Selkäydinvammaisten urheilijoiden kestävyys suorituskyky. Kuntotestauksessa mitattavat fysiologiset ominaisuudet. Systemaattinen kirjallisuuskatsaus.
Työn ohjaaja (Arcada):	Katri Pullinen
Toimeksiantaja:	
<p><b>Tiivistelmä:</b></p> <p>Selkäydinvammaisilla urheilijoilla on yksilöllisiä eroja aineenvaihdunnassa, hengitys- ja verenkiertoelimissä, lihasten ja hermoston toiminnassa sekä ruumiinlämpöä säätelevissä mekanismeissa. Tässä opinnäytetyössä tutkitaan niitä tekijöitä, jotka ovat kestävyys suorituskyvyn kannalta tärkeitä ja sitä, miten ne vaikuttavat selkäydinvammaisen urheilijan kestävyys suorituskyvyn kuntotestituloksiin. Opinnäytetyön tavoitteena on ollut tutkia selkäydinvammaisen urheilijan ominaisuuksia niiden fysiologisten tekijöiden osalta, jotka normaalissa kuntotestissä testataan. Opinnäytetyöllä on kaksi tutkimusongelmaa: 1) Miten selkäydinvammaiset ja ei-vammautuneet urheilijat eroavat fysiologisilta ominaisuuksiltaan kuntotestauksessa. 2) Millä tavalla selkäydinvamman taso vaikuttaa niihin fysiologisiin ominaisuuksiin jotka normaalisti testataan? Menetelmänä käytettiin systemaattista kirjallisuuskatsausta. Haku suoritettiin PubMed ja SportDiscus EBSCO-tietokannoissa. Mukaan otettiin 16 vuoden 2002 jälkeen ilmestynyttä tieteellistä artikkeleita. Tärkeimmät tulokset kertovat, että selkäydinvammaiset urheilijat muodostavat heterogeenisen ryhmän. Selkäydinvammaisten sykkeeseen, hapenottokykyyn, laktaattiin ja ventilaatioon liittyviä viitearvoja ei ole vielä selvitetty, samalla tavalla kuin ei-vammautuneille urheilijoille. Selkäydinvammainen urheilija pystyy osittain kehittämään kestävyys suorituskykyään samojen periaatteiden mukaan kuin ei-selkäydinvammainen. Syke ja hapenottokyky kuvaavat huonosti selkäydinvammaisen urheilijan kestävyys suorituskykyä, kun taas laktaatin mittaaminen sopii tähän tarkoitukseen. Yleisesti selkäydinvaurion taso ja laajuus sekä yksilölliset erot testattavissa, määräävät mitattavien muuttujien arvot. Lopuksi voidaan todeta, että autonomiset toiminnot ovat tärkeämmässä roolissa, kuin aiemmin on uskottu. Niiden määrittäminen olisi tärkeätä, kun selkäydinvammaisia urheilijoita luokitellaan kilpailuita varten. Lisäksi tulevaisuudessa tutkimuksissa kannattaisi ottaa standardisoitu testikalusto käyttöön, jolloin testitulokset olisivat paremmin verrattavissa toisiinsa.</p>	
Avainsanat:	Selkäydinvamma, kestävyys suorituskyky, aerobinen kestävyys, syke, hapenottokyky, laktaatti, ventilaatio
Sivumäärä:	70
Kieli:	Ruotsi
Hyväksymispäivämäärä:	

# INNEHÅLL

<b>1</b>	<b>Inledning.....</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>Bakgrund till paralympisk idrott .....</b>	<b>10</b>
2.1	Klassificering i paralympisk idrott .....	10
2.2	Grenar för ryggmärgsskadade idrottare .....	11
<b>3</b>	<b>Ryggmärgsskada.....</b>	<b>12</b>
3.1	Ryggmärgens uppbyggnad och funktion.....	12
3.2	Ryggmärgsskador .....	14
3.3	Förändringar i kroppen vid en ryggmärgsskada.....	15
3.3.1	<i>Spasticitet .....</i>	<i>16</i>
3.3.2	<i>Svagheter i autonoma regleringar .....</i>	<i>16</i>
3.3.3	<i>Autonom dysreflexi .....</i>	<i>16</i>
3.3.4	<i>Andning .....</i>	<i>17</i>
3.3.5	<i>Ämnesomsättningsfunktioner .....</i>	<i>17</i>
3.3.6	<i>Reglering av kroppsvärme .....</i>	<i>18</i>
3.3.7	<i>Muskelfibertyp .....</i>	<i>18</i>
<b>4</b>	<b>Fysiologin bakom den fysiska prestationsförmågan .....</b>	<b>19</b>
4.1	En introduktion till energigivande processer .....	20
4.1.1	<i>Kreatinfosfat .....</i>	<i>21</i>
4.1.2	<i>Anaerob spjälkning av glykogen.....</i>	<i>21</i>
4.1.3	<i>Aerob förbränning av glykogen .....</i>	<i>21</i>
4.1.4	<i>Aerob förbränning av fett.....</i>	<i>21</i>
4.2	Uthållighetsprestationsförmåga .....	22
4.2.1	<i>Syreupptagningsförmåga .....</i>	<i>23</i>
4.2.2	<i>Laktat.....</i>	<i>23</i>
4.2.3	<i>Ventilation.....</i>	<i>24</i>
4.2.4	<i>Hjärtfrekvens .....</i>	<i>25</i>
4.2.5	<i>Den aeroba och anaeroba tröskeln .....</i>	<i>26</i>
<b>5</b>	<b>Syfte, frågeställning och avgränsingar .....</b>	<b>27</b>
<b>6</b>	<b>Metod.....</b>	<b>28</b>
6.1	Litteratursökning .....	29
6.2	Val av artiklar för kvalitetsgranskning .....	29
6.3	Kvalitetsgranskning .....	34
6.4	Etiska aspekter .....	35
6.5	Reliabilitet och validitet .....	36

<b>7</b>	<b>Resultat .....</b>	<b>36</b>
7.1	Resultat relevanta för forskningsfråga 1 .....	47
7.1.1	<i>Hjärtfrekvens</i> .....	47
7.1.2	<i>Syreupptagningsförmåga</i> .....	48
7.1.3	<i>Ventilation</i> .....	48
7.1.4	<i>Laktat</i> .....	49
7.2	Resultat relevanta för forskningsfråga 2 .....	49
7.2.1	<i>Hjärtfrekvens</i> .....	49
7.2.2	<i>Syreupptagningsförmåga</i> .....	50
7.2.3	<i>Ventilation</i> .....	51
7.2.4	<i>Laktat</i> .....	52
<b>8</b>	<b>Diskussion .....</b>	<b>52</b>
8.1	Resultatdiskussion beträffande forskningsfråga 1 .....	53
8.1.1	<i>Hjärtfrekvens</i> .....	53
8.1.2	<i>Syreupptagningsförmåga</i> .....	54
8.1.3	<i>Ventilation</i> .....	54
8.1.4	<i>Laktat</i> .....	55
8.2	Resultatdiskussion beträffande forskningsfråga 2 .....	55
8.2.1	<i>Hjärtfrekvens</i> .....	55
8.2.2	<i>Syreupptagningsförmåga</i> .....	56
8.2.3	<i>Ventilation</i> .....	58
8.2.4	<i>Laktat</i> .....	58
8.3	Övriga resultat .....	58
8.4	Metoddiskussion .....	59
<b>9</b>	<b>Slutsatser .....</b>	<b>62</b>
9.1	Slutsatser beträffande forskningsfrågorna .....	62
9.2	Övriga slutsatser .....	64
9.3	Framtida forskning .....	64
	<b>Källor .....</b>	<b>66</b>

## Figurer

Figur 1. En förenklad bild av ryggraden, dess kotor och spinalnerverna som utgår ur ryggmärgen samt de olika spinalnervernas innerveringsområden, sett från vänster.....	13
--	----

Figur 2. Faktorer som påverkar den fysiska prestationsförmågan.....	19
---	----

## Tabeller

Tabell 1. Litteratursökning med sökord och antal träffar under rätt tidsperiod i PubMed samt antal utvalda artiklar som uppfyller inklusionskriterierna.....	30
--	----

Tabell 2. Litteratursökning med sökord och antal träffar under rätt tidsperiod i SportDiscus EBSCO samt antal utvalda artiklar som uppfyller inklusionskriterierna.....	31
---	----

Tabell 3. Sammanfattning av de studier som gick till kvalitetsgranskning.....	32
---	----

Tabell 4. Kvalitetsgranskning med givna poäng och kvalitetsbedömning.....	35
---	----

Tabell 5. Sammanfattning av de olika artiklar som ingick i litteraturstudien.....	37
---	----

# 1 INLEDNING

De olympiska spelen är, med sina över 10.000 deltagare från över 200 länder, det mest prestigefyllda sportevenemanget i världen. Sedan år 1988 har de paralympiska spelen och OS varit parallella evenemang på samma orter. (Chang et al. 2011, s. 26) Elitidrottare hör till eliten oberoende av om de är handikappade eller inte, men vägen till toppen är ofta mer krokig för paralympiern, då tillgången till fungerande idrottsföreningar är begränsad, vägen till träningsanläggningarna ofta är lång och möjligheterna till att integrera träningen i vardagen sämre. Trots att det finns många hinder i den handikappade idrottarens vardag, är det nu lättare än någonsin att delta i specialidrottsverksamhet. Inom bl.a. rullstolsidrotten har förhållandena förbättrats avsevärt då rullstolstekniken gjort stora framsteg, förståelsen för och implementeringen av de olika klassifikationssystemen vuxit, träningsteknikerna förbättrats och de psykologiska aspekterna bättre tagits i beaktande. (Goosey-Tolfrey 2010, s. ix)

Toppidrotten representerar det klassiska testet av fysisk kondition och prestationsförmåga. Den kan mätas t.ex. i minuter och sekunder, metrar och centimetrar, eller evalueras subjektivt av domare. (Åstrand et al. 2003, s. 237) Den mest övergripande målsättningen för toppidrottare är en maximering av tävlingsresultatet och under träningsperioden krävs noggranna mätningar för en uppskattning av den fysiska konditionen. (Keskinen 2007, s. 13)

Eftersom handikappidrotten utvecklats explosionsartat och forskningen släpar efter, är det viktigt att kartlägga var forskningen om paralympiska ryggmärgsskadade idrottares uthållighetsförmåga står idag. Genom en bättre förståelse för de egenskaper och villkor som karakteriserar och reglerar en ryggmärgsskadad idrottares fysiologi, kan vi bättre förstå de bakomliggande faktorerna till hans uthållighetsprestationsförmåga och därigenom ytterligare förbättra träningen och tävlingsresultaten.

De vanliga träningsprinciperna gäller också ryggmärgsskadade idrottare, men jämfört med en icke-handikappad person finns det många bl.a. fysiologiska skillnader i hur kroppen reagerar på träning. Den funktionella kapaciteten avgörs av ryggmärgsskadeni-



vån som vidare definierar vilka muskler som kan användas och i vilken omfattning det sympatiska nervsystemet fungerar. (Goosey-Tolfrey & Price 2010, s. 48) Ryggmärgsskadade idrottare har individuella förändringar i de metaboliska, kardiorespiratoriska, neuromuskulära och värmereglerande systemen (Bhambhani 2002) som alla påverkar prestationsnivån och i den här studien kommer jag närmare att gå in på dem som är relevanta för uthållighetsprestationsförmågan och hur den ryggmärgsskadade idrottaren påverkas av dem då uthållighetsprestationsförmågan testas. Min förhoppning är att denna studie skall kunna bereda aktuell viktig kunskap på detta område och att den kan användas både av de ryggmärgsskadade idrottarna själva, deras tränare samt övriga som är intresserade av att fördjupa sig i ämnet.

## **2 BAKGRUND TILL PARALYMPISK IDROTT**

“Meet the superhumans” var den brittiska TV-kanalen Channel 4:s slogan i reklamkampanjen inför och under de paralympiska spelen i London 2012. Detta faktum att paralympiska idrottare kan klassificeras som “supermänniskor” och att organisationskommittén för spelen i London (LOCOG) totalt integrerade de olympiska och paralympiska branden i sponsoravtalen, visar hur mycket terräng handikappidrotten vunnit under de senaste åren. (Piispanen 2013, s. 29-30)

Den organiserade handikapptävlingsidrotten för idrottare med fysiska handikapp, har utvecklats från organiserad verksamhet för döva på 1920-talet till att omfattas av en paralympisk rörelse som formades i Storbritannien på 1940-talet. I det efterkrigstida samhället fanns behov av rehabilitering av bl.a. patienter med ryggmärgsskador och Sir Ludwig Guttmann var den förste att integrera idrott med den fysiska rehabiliteringsprocessen och insåg snabbt hur väl idrotten passade som ett medel att förbättra den ryggmärgsskadade personens hälsa såväl fysiskt, psykiskt som socialt. (Tweedy & Howe 2011, s. 7-10)

De finns tre historiskt sett viktiga orsaker till att den paralympiska rörelsen vuxit sig så stor som den är idag: För det första ger den bättre rehabiliteringsresultat, för det andra anses handikappade ha lika stor rätt och de skall ges likadana möjligheter att delta i idrottsverksamhet som resten av befolkningen och för det tredje är idrotten spännande och inspirerande. (Tweedy & Howe 2011, s. 18-19) Fysiskt handikappade personer tenderar dock att delta i idrottsverksamhet i mindre utsträckning än den icke-handikappade befolkningen och de utgör den sista befolkningsgruppen som stigit in i idrottsvärlden. (Ashton-Shaeffer et al. 2001, s. 95)

### **2.1 Klassificering i paralympisk idrott**

I de paralympiska grenarna tävlar man enligt skadeklassificering, det spelar ingen roll hur skadan uppkommit. (Tweedy & Diaper 2010, s. 9) Huvudidén bakom klassificeringsreglerna är att idrottaren på något sätt skall vara ”förhindrad eller begränsad att utföra en aktivitet (Edwards & McNamee 2011, s. 90) och de reglerar således vem som är

berättigad att delta och strävar efter att de paralympiska idrottarna skall ha samma förutsättningar att vinna trots sina olika skadetyper och – nivåer. (Tweedy & Howe 2011, s. 19)

Jag kommer inte här att gå in mer på de allmänna reglerna utan bara konstatera att utförliga regler för klassificeringssystemet finns i handboken för den internationella paralympiska kommitténs klassificeringsregler *IPC Athletics Classification Handbook*<sup>1</sup>.

## **2.2 Grenar för ryggmärgsskadade idrottare**

Av sammanlagt de 23 grenar som är öppna för paralympiska idrottare med ryggmärgsskada är 14 rullstolsgrenar. Till rullstolsgrenar räknas dels grenar där en rullstol används och dels grenar där motsvarande apparatur, som t.ex. en sits på skidor för skidåkning, används. En rullstol används i bågskytte, rullstolskörning, korgboll, boccia, curling, fäktning, rugby, skytte, bordtennis och tennis medan en modifierad version används i utförsåkning, friidrott, handcykling, ishockey och terrängskidning. Övriga grenar för ryggmärgsskadade idrottare är fotboll, målboll, judo, tyngdlyftning, rodd, ritt, segling, simning och volleyboll. (Tweedy & Diaper 2010, s. 5)

---

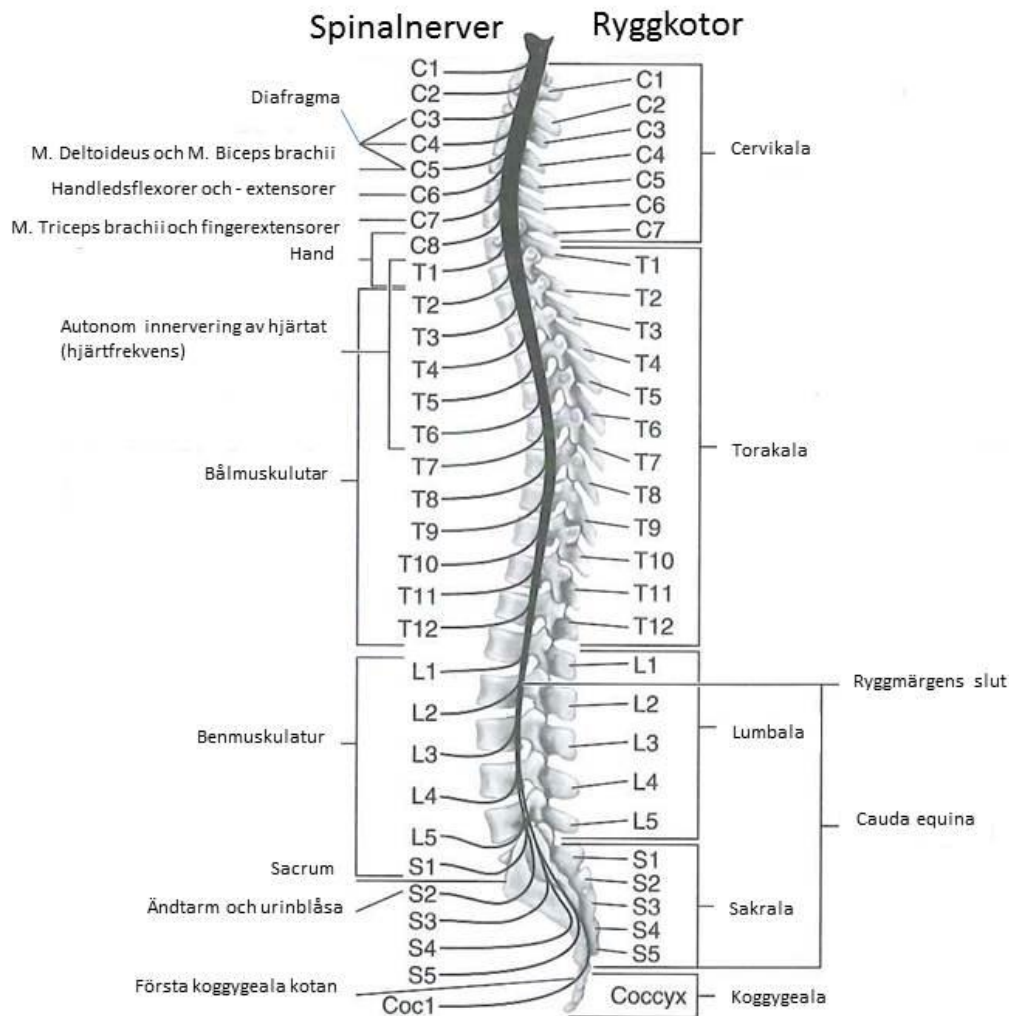
<sup>1</sup> Finns på <http://ipc-athletics.paralympic.org/Classification/Introduction>

### **3 RYGGMÄRGSSKADA**

I detta kapitel går jag närmare in på en ryggmärgsskadad idrottares anatomi och fysiologi. Jag inleder med att kort presentera ryggmärgens uppbyggnad och funktion och presenterar också vanliga ryggmärgsskador. Sedan tar jag också upp hur kroppen anpassar sig till en ryggmärgsskada och till sist redogör jag för hur de ryggmärgsskadade idrottarna klassificeras i de paralympiska rullstolsgrenarna.

#### **3.1 Ryggmärgens uppbyggnad och funktion**

Hjärnan och det perifera nervsystemet binds ihop av ryggmärgen, som ligger i ryggmärgskanalen och går genom de 33 ryggkotorna i ryggraden. Kotorna är indelade i fem typer enligt motsvarande nivå i ryggraden: 7 cervikala C (hals-), 12 torakala T (bröst-), 5 lumbala L (länd-), 5 sakrala S (korsbens-) och 4 kocygeala Co (svansbens-) kotor (se figur 1). (Tweedy & Diaper 2010, s. 4-5)



Figur 1. En förenklad bild av ryggraden, dess kotor och spinalnerverna som utgår ur ryggmärgen samt de olika spinalnervernas innerveringsområden, sett från vänster. (Tweedy & Diaper 2010, s. 6)

Ryggmärgen har tre huvudsakliga funktioner:

1. De viljestyrda musklernas kontraktion styrs av signaler som går från hjärnan genom ryggmärgen till musklerna. Ryggmärgen är uppdelad i segment som står i kontakt med muskler och hud i samma kroppssegment. Förenklat kan man säga att de cervikala segmenten innerverar händernas och armarnas muskler, torakala kotorna bålens muskulatur och de lumbala och sakrala segmenten benens och fötternas muskler. (Tweedy & Diaper 2010, s. 6)

2. Sensoriska nervfibrer förmedlar bland annat uppfattning om beröring och proprioceptisk information till ryggmärgen. De olika kroppssegmenten reagerar på sinnesintryck via specifika spinalsegment så att man i allmänhet kan säga att sinnesintryck från huvud och armar går via de cervikala segmenten, sinnesintryck på bålen via de torakala segmenten och sinnesinformation från nedre ryggen och benen via de lumbala och sakrala segmenten. (Tweedy & Diaper 2010, s. 7)
3. Autonoma funktioner som hjärtfrekvens, blodtryck, andning, matsmältning och värmereglering regleras också via de autonoma nervfibrer som utgår från ryggmärgen i vissa kroppssegment. (Tweedy & Diaper 2010, s. 7)

### 3.2 Ryggmärgsskador

En ryggmärgsskada kan vara traumatisk, då den uppstått genom t.ex. en fallolycka eller atraumatisk, om den uppstått som en följd av t.ex. en infektion eller en tumör. Det finns också ryggmärgsskador som uppstått som följd av en medicinsk handling och medfödda ryggmärgsskador, som är antingen genetiska eller en följd av förlossningen. (Hjeltnes 2008, s. 529)

Då ryggmärgen skadas, bryts nervförbindelserna mellan hjärnan och det ryggmärgssegmentet antingen totalt eller delvis. Detta gäller också de segment som ligger under det skadade segmentet. Man kan säga att skadan försorsakar fler funktionshinder, ju högre upp den sitter. (Tweedy & Diaper 2010, s. 9) Beroende på skadans läge och omfattning, innebär den olika grader av muskelförlamning, känselbortfall och försämrad kontroll och reglering av blodtryck, kroppstemperatur och naturliga funktioner. (Hjeltnes 2008, s. 529)

Bara ca hälften av ryggmärgsskadorna är kompletta (Tweedy & Diaper 2010, s. 9) och skadeomfånget kan variera mycket. Enligt American Spinal Injury Association ASIA Impairment Scale, klassificeras skadeomfånget från A till E:

**AIS-A** har ingen muskelfunktion och ingen känsel under skadenivån

**AIS-B** har begränsad känsel under skadenivån

**AIS-C** har både motoriska och sensoriska begränsningar under skadenivån

**AIS-D** har muskelfunktion med viss styrka i 50% av musklerna under skadenivån

**AIS-E** har obetydliga neurologiska begränsningar som en följd av ryggmärgsskadan  
(Hjeltnes 2008, s. 530)

Den neurologiska skadenivån definieras enligt den nivå där skadan skett. Är skadan i, eller under T2 benämns den paraplegi vilket innebär funktionsnedsättning i ben och bål. Skador i eller över T1 ger förutom upphov till funktionsnedsättning i ben och bål också beroende på skadenivån delvis eller total förlamning i de övre delarna av kroppen vilket benämns tetraplegi. (Tweedy & Diaper 2010, s. 9) Nedan följer en kort genomgång av de olika skadenivåernas effekter. En skada i

- L2-S2: bortfall av funktion och viljemässigt styrd kontroll av blåsa, ändtarm och sexuell funktion. Övre kroppen och bålen har annars normal maximal rörelseförmåga, men skadan leder till nedsatt förmåga till gång.
- T6-L2: motorisk kontroll och kontroll över andningsapparat som beror på i hur stor grad bålmskulaturen fungerar. Nedsatt förmåga att sitta upprätt vid skadenivå L1 och uppåt.
- T1-T6: ger upphov till autonomisk dysreflexi, sämre värmereglering och spasticitet. Den maximala hjärtfrekvensen, andningskapaciteten och blodtrycket är lägre men armarnas funktion nästan normal beroende på skadeomfånget. Vid T1 är handens funktion nedsatt vilket gör det svårt att hålla i saker.
- C5-C8: innebär tetraplegi. En skada i C8 innebär viljemässig kontroll av axel, armbåge och handled med nedsatt handfunktion medan en skada i C5 leder till att endast överarmen och axeln kan användas.
- C4: innebär behov av andningshjälp.

(Thompson 2010, s. 241,

Tweedy & Diaper 2010, s. 10-11)

### **3.3 Förändringar i kroppen vid en ryggmärgsskada**

En ryggmärgsskada medför, som vi redan konstaterat, dramatiska förändringar i kroppens förmåga och möjlighet att utföra rörelser. Skadenivån och skadeomfattningen avgör vilka förutsättningar den ryggmärgsskadade har i framtiden. (Hjeltnes 2008, s. 532)

En ryggmärgsskada har konsekvenser också i resten av kroppen. Nedan presenterar jag de viktigaste fysiologiska förändringar som sker hos en person med en ryggmärgsskada.

### **3.3.1 Spasticitet**

Vid en ryggmärgsskada ersätts den normala muskelaktiviteten som hämmats, av spinala reflexer som ger upphov till spasticitet. Spasticiteten är en följd av bl.a. samtidiga muskelkontraktioner i synergister och antagonister, ofrivilliga snabba muskelkontraktioner och nedsatt kraft. Spasticiteten är ryggmärgens resterande fungerande delars naturliga neuromuskulära funktion. (Hjeltnes 2008, s. 532)

### **3.3.2 Svagheter i autonoma regleringar**

Förstörda förbindelser i nervförbindelser i det autonoma nervsystemet påverkar regleringen av hjärtfrekvens, blodtryck och kroppstemperatur samt viljestyrd kontroll av urinering, tarmtömning och sexualfunktion. Det har påvisats att tetraplegiker sällan kan nå en högre hjärtfrekvens än ca 125 slag per minut och att de ofta istället får ett snabbt blodtrycksfall och oproportionerligt hög kroppstemperatur under hög belastning. Detta behandlas också i kommande kapitel. Paraplegiker har nästan normal hjärtfrekvens men ofta mer problem med för lågt blodtryck än personer utan ryggmärgsskada. Först vid skadenivån T10 och nedåt närmar sig kroppens blodtrycksrespons den normalt fungerande kroppens dito. (Hjeltnes 2008, s. 533)

Belastningen av hjärtmuskulaturen är förhållandevis liten hos para- och tetraplegiker och vid hög skadenivå kan hjärtmuskeln hypotrofiera som ett resultat av för lite fysisk aktivitet och lågt blodtryck. (Hjeltnes 2008, s. 533)

### **3.3.3 Autonom dysreflexi**

Autonom dysreflexi är det autonoma nervsystemets sympatiska dels ”överaktivitets-syndrom”. (Hjeltnes 2008, s. 534) Det är ett syndrom som vanligen förekommer vid skada i T6 eller på högre nivå och förorsakas av stimuli på kroppens organ under skadenivån då ryggmärgen där aktiveras av t.ex. muskelskada, överfull urinblåsa eller en infektion, vilket ofta sker under fysisk aktivitet. Symptomen är bl.a. högt blodtryck genom



vasokonstriktion (blodkärlen kontraherar vilket leder till mindre blodflöde) med huvudvärk, hjärklappning, svettningar både över och under skadenivån samt ansiktsrodnad och tillståndet bör behandlas omedelbart för att undvika allvarliga följder. Vid idrottsprestationen utnyttjar vissa idrottare också ibland syndromet för att kompensera det annars låga blodtrycket, då kallas det *boosting*. (Willick & Webborn 2011, s. 75) Boosting anses dock vara oetiskt och olagligt enligt både Internationella Paralympiska Medicinska Kommittén och antidopingreglerna. (Bhambhani 2002)

### **3.3.4 Andning**

Det är klart att det hos ryggmärgsskadade personer med skadenivå T8-10 och högre finns ett starkt samband mellan ryggmärgsskadan och nedsatt lungfunktion och lungkapacitet. Övre cervikala skador kan ge ett behov av respirator och sömnapnésymptom är vanliga hos tetraplegiker. Ryggmärgsskadade personer som inte behöver andningshjälp kan nästan alltid utöva fysisk aktivitet. (Hjeltnes 2008, s. 533) Tweedy & Diaper konstaterar att en skadenivå på T12 och över kan medföra svårigheter att andas normalt och vid behov snabbt och djupt, beroende på nedsatta funktioner i bålmskulaturen, men detta kan delvis tränas upp med tiden. (Tweedy & Diaper 2010, s. 13)

På hög höjd, då idrottare utsätts för hypoxi, finns det forskningsresultat som visar att ryggmärgsskadade idrottare andas snabbare och mer ytligt än icke-handikappade idrottare. Det antas vara det autonoma nervsystemets dysfunktion som innebär att ryggmärgsskadade idrottare inte har samma förutsättningar att acklimatisera sig på hög höjd. (Bernardi & Schena 2011, s. 242)

### **3.3.5 Ämnesomsättningsfunktioner**

En ryggmärgsskada medför förändrad kroppssammansättning på flera nivåer. Bentätheten reduceras, muskelmassa minskar och kroppsfettet ökar vilket är ett resultat av förändringar i ämnesomsättningen. Muskler är metabola organ och då de förtvinar som ett resultat av fysisk inaktivitet stannar ämnesomsättningsprodukter längre kvar i kroppen. Ryggmärgsskadade personer har också nedsatt glukostolerans och insulinresistensen beror antagligen på minskad muskelmassa. Personer med ryggmärgsskada har också

ofta ett dåligt kolesterolförhållande mellan HDL och LDL. (Hjeltnes 2008, s. 534) Detta förhållande går dock att förbättra på motsvarande sätt som hos icke-handikappade personer genom fysisk aktivitet. (Tweedy & Diaper 2010, s. 13)

### **3.3.6 Reglering av kroppsvärme**

Normalt har kroppen värmereglerande mekanismer som förhindrar överhettning under långa prestationer eller vid varma omständigheter. Av kroppens flera olika mekanismer att upprätthålla normal kroppsvärme är svettning en av de viktigaste. (McArdle et al. 2010, s. 614-616)

Ryggmärgsskadade personer har nedsatt värmereglering jämfört med icke-ryggmärgsskadade personer. Detta beror antagligen främst på att det autonoma nervsystemet inte fungerar normalt och därmed inte åstadkommer svettning nedanför skadenivån och att den afferenta informationen inte fungerar så att ökat blodflöde nära huden (vasodilation) skulle öka. Detta innebär i praktiken att ryggmärgsskadade personer har mindre tolerans under varma omständigheter ju högre skadenivån är och att det är mycket viktigt för dem att ha kontroll över vätskebalansen. (Price et al. 2010, s. 92-93) Kroppens anpassningsförmåga är också delvis bevisad genom forskning som visar att vissa paraplegiker utvecklat en högre mängd svettning på övre kroppen jämfört med icke-handikappade personers svettprocent på samma område. (Bhambhani 2002)

P.g.a. de tidigare nedsättningarna i det autonoma nervsystemets funktioner, har personer med en ryggmärgsskada inte heller samma förutsättningar som icke-handikappade personer att upprätthålla värme i kroppen under kalla omständigheter, vilket blir aktuellt under vinterhalvåret. Under så varmt som 10°C kan man redan påvisa brister i att upprätthålla kroppsvärmen. (Bernardi & Schena 2011, s. 242)

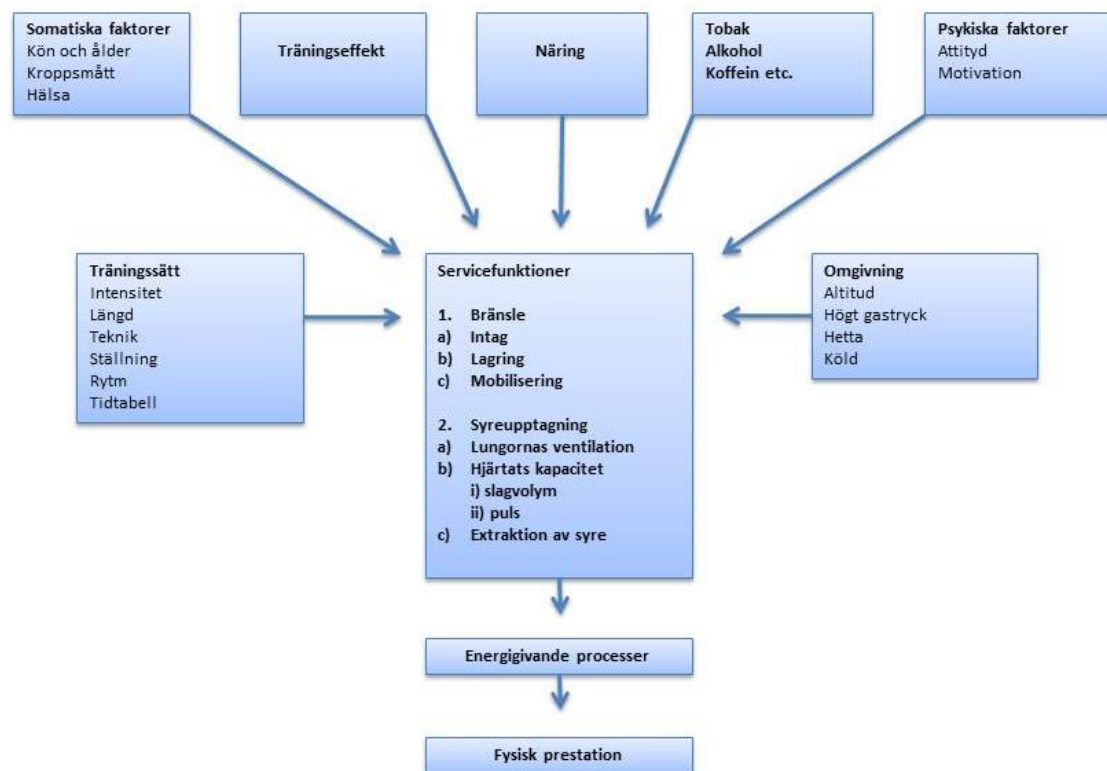
### **3.3.7 Muskelfibertyp**

Det finns intressanta forskningsresultat som konstaterar att ryggmärgsskadade personer har större mängd muskelfibrer av typ IIb (snabba) än tidigare samtidigt som mängden av typ I-fibrer (långsamma) minskar. Förändringen antas bero på en förändring i de

neuromuskulära stimuli som sker eller inte sker i musklerna efter skadan under skadenivån och på den fysiska inaktivitet som den nya livsstilen medför. (Bhambhani 2002)

## 4 FYSIOLOGIN BAKOM DEN FYSISKA PRESTATIONSFÖRMÅGAN

Förmågan till fysiskt arbete definieras ofta av begreppet fysisk kondition, som är ett takbegrepp för flera olika egenskaper som tillsammans avgör hur väl en individ utför en fysisk aktivitet. (Åstrand et al. 2003, s. 273) Den totala fysiska prestationsförmågan utgörs av en kombination av ett antal faktorer, funktioner och handlingar som skisseras i Figur 2:



Figur 2. Faktorer som påverkar den fysiska prestationsförmågan (Åstrand et al. 2003, s. 238)

För att ytterligare klargöra vad den fysiska idrottsprestationen innebär, kan man säga att de fysiska krav som ställs på idrottare överlag är

- förmågan att utföra långvarigt arbete (uthållighet) kontinuerligt eller i intervaller
- förmåga att arbeta med hög intensitet
- förmåga till snabbhet
- förmåga att utveckla stor kraft

Dessa prestationer avgörs långt av hjärt- och kärlsystemets och musklernas förmåga att i samspel med nervsystemet åstadkomma önskad prestation. (Michalsik & Bangsbo 2004, s. 117)

Som en bakgrund kommer det här kapitlet att närmare presentera fysiologiska faktorer som påverkar dels mobiliseringen av bränsle och dels syreupptagningsförmågan under idrottsprestationen d.v.s. arbetsfysiologin bakom de fysiska egenskaper som nämndes ovan. Jag kommer inte att gå in på återhämtning, träningseffekt och -principer, näringsfysiologi eller andra övriga faktorer som naturligtvis också påverkar idrottsprestationen.

## **4.1 En introduktion till energigivande processer**

Under en idrottsprestation aktiveras musklerna för att utföra en rörelse vilket kräver energi. Det bränsle muskeln direkt kan använda till arbete är en fosfatförening ATP, adenosintrifosfat, som vid aktivering spjälks så att energi frigörs. Under maximal intensitet förbrukar muskelarbetet sitt ATP-förråd under några sekunder, vilket leder till att det behövs nytt ATP för att det skall kunna pågå längre. ATP kan återbyggas på fyra sätt, nämligen genom

- Kreatinfosfat (vid maximala insatser)
- Kolhydratspjälkning (anaerob glykolys)
- Kolhydratförbränning (aerob glykolys)
- Fettförbränning (aerob process)

(Annerstedt & Gjerset 1997, s. 43)

Nedan förklarar jag kort de fyra processerna, för mera detaljrik information hänvisas exempelvis till Annerstedt & Gjerset 1997.

#### **4.1.1 Kreatinfosfat**

Kreatinfosfat, CP, är en annan fosfatförening som också frigör energi då den kreatinet skiljs från fosfatgruppen. CP kan ge energi för en 4-10 sekunders prestation med maximal intensitet och är den energikälla som kroppen främst använder sig av under t.ex. sprintprestationer. (Annerstedt & Gjerset 1997, s. 43-44)

#### **4.1.2 Anaerob spjälkning av glykogen**

Då musklerna inte får tillräckligt syre (genom aeroba processer) bygger de upp nytt ATP genom en ökad anaerob nedbrytning av glykogen, vilket kallas anaerob glykolys. P.g.a. bristen på syre i förhållande till den energimängd som måste bildas för att muskelarbetet ska kunna fortsätta, bildas laktat (mjölksyra). (Annerstedt & Gjerset 1997, s. 45)

Maximalt arbete som är kortare än ca 10 sekunder, använder sig huvudsakligen av energi från ATP- och CP-lagren, men vid intensiva aktiviteter som räcker upp till 2-3 minuter bildas ATP också via anaeroba processer. (Annerstedt & Gjerset 1997, s. 48)

#### **4.1.3 Aerob förbränning av glykogen**

Om musklerna tillförs tillräckligt med syre under fortgående hårt arbete, sker frigörelsen av energi genom aerob glykolys. Pyrodruvsyran (som i den anaeroba glykolysen stannar i muskelcellernas cytoplasma och ombildas till mjölksyra) bryts ned i en nedbrytningsprocess som kallas "Krebs cykel" varefter stora mängder energi, koldioxid och vatten frigörs i elektrontransportkedjan. Denna aeroba glykolys ger kroppen energi till långt arbete utan att det har betydelse för utvecklingen av trötthet på motsvarande sätt som en hög laktatnivå kan ha. (Annerstedt & Gjerset 1997, s. 45-46, McArdle et al. 2010, s. 149)

#### **4.1.4 Aerob förbränning av fett**

Under fortgående arbete med relativt låg intensitet, bryter musklerna ner fett för att få energi. Fettet spjälks och omvandlas till acetyl-CoA (acetyl-koenzym A) som vidare

bryts ned i Krebs cykel på samma sätt som pyrodruvsyran. (Annerstedt & Gjerset 1997, s. 46-47)

De aeroba processerna dominerar frigörelseprocesserna av energi i musklerna under långvarigt arbete med jämn intensitet, som t.ex. maratonlopp. Anaeroba processer bidrar också med energi, men främst under t.ex. spurter. (Annerstedt & Gjerset 1997, s. 49)

## 4.2 Uthållighetsprestationsförmåga

Enligt Annerstedt och Gjerset 1997, s. 340, kan uthållighet definieras som *"organismens förmåga att arbeta med relativt hög intensitet under en längre tid"*. Begreppet inkluderar både anaerob och aerob uthållighet och påverkar alla prestationer som varar mer än 10-20 sekunder. (Annerstedt & Gjerset 1997, s. 340)

Vidare definierar Annerstedt och Gjerset aerob uthållighet som *"organismens förmåga att arbeta med hög intensitet en längre tid, under vilken energi levereras från aeroba processer i musklerna"*. Anaerob uthållighet definieras följaktligen med *"organismens förmåga att arbeta med hög eller mycket hög intensitet en förhållandevis lång tid, under vilken energin levereras från anaeroba processer i musklerna"*. (Annerstedt & Gjerset 1997, s. 341) Snabb uthållighet eller anaerob uthållighet är den del av uthålligheten som överstiger det maximala aeroba arbetet. Den anaeroba uthålligheten är av störst betydelse under prestationer som varar ca 10-90 sekunder då de energigivande processerna baserar sig främst på anaerobisk energiomsättning. (Keskinen et al. 2007, s. 57) Man kan dock säga att den anaeroba energiproduktionen är av betydelse för korta uthållighetsprestationer på t.o.m. upp till fem minuter eftersom den snabba uthålligheten ändå är en relativt stor del av hela prestationen. (Keskinen et al. 2007, s. 51)

Det är huvudsakligen andnings- och blodcirkulationsorganens kondition, musklernas ämnesomsättning och nervsystemets verksamhet som påverkar uthållighetsprestationsförmågan. De faktorer som är intressanta vid en uppskattning av den är den maximala syreupptagningsförmågan, den aeroba uthålligheten under långvarigt arbete, i vilken grad prestationen är ekonomisk och hur väl muskulaturen och nervsystemet kan producera kraft. (Keskinen et al. 2007, s. 51) För den här studiens ändamål är det den aeroba

uthålligheten under långvarigt arbete; den maximala syreupptagningsförmågan, hjärtfrekvensen samt ventilation och laktatnivåer som är intressanta och jag koncentrerar mig nu på dem.

#### **4.2.1 Syreupptagningsförmåga**

Som vi redan konstaterat, är syret den huvudsakliga energikällan under prestationer som vara över 2-3 minuter. Då prestationen inleds finns ett syreunderskott för muskelaktiviteten som kompenseras av de andra energiprocesserna tills syreupptagningen blir tillräckligt stor för de arbetande musklerna. Efter syreunderskottet når en stabil fas då det råder en balans mellan musklernas energibehov och mängden ATP som produceras genom de aeroba processerna. (Åstrand et al. 2003, s. 240) Då idrottaren passerar den anaerobiska tröskeln, rubbas balansen; syreupptagningen ökar men också laktatnivåerna ökar då anaeroba energiprocesser ökar och idrottaren närmar sig så småningom utmattning. Om intensiteten ökas hela tiden, når idrottaren sin maximala syreupptagningsförmåga  $VO_2$  max som är ett kvantitativt mätinstrument för den individuella kapaciteten till aerobiska energiprocesser. (Hutzler et al. 2011, s. 139-140) En direkt mätning av den maximala syreupptagningsförmågan är ett tillförlitligt och exakt sätt att bestämma en individs aerobiska prestationsförmåga. (Keskinen et al. 2007, s. 78) Hur ekonomisk prestationen är definieras av syreförbrukningen jämförd med en viss absolut belastning, då syreförbrukningen jämförs med en teoretiskt uppskattad syreförbrukningsnivå. (Keskinen et al. 2007, s. 55)

#### **4.2.2 Laktat**

I forskningen om laktat (mjölksyra) har det under de senaste årtiondena skett litet av ett paradigmskifte och förståelsen för hur det produceras, transporteras och till sist försvinner har ökat dramatiskt. Insikterna i hur laktatet fungerar har gjort att man har infört begreppet laktattröskel (som ännu används mer i engelskspråkig än i finskspråkig litteratur). (Åstrand et al. 2003, s. 252)

Under låg arbetsintensitet är mjölksyre- d.v.s. laktatkoncentrationen i blodet ganska låg då kroppen antingen kan bryta ner laktatet eller återuppbygga det till glykogen lika

snabbt som det produceras. Vid högre intensitet och därmed högre syreupptagning samlas överblivet laktat. Under långvarigt arbete med ökande intensitet motsvarar den första laktattröskeln den aerobiska tröskeln, vilket är den högsta arbetseffekten och den nivå av energiprocesserna på vilken hjärtmuskulaturen, levern och skelettmuskulaturen kan eliminera så pass mycket laktat att dess nivå i blodet inte överstiger vilonivån. Den andra laktattröskeln, då både laktatnivån och ventilationen ökar mera brant än tidigare kurva, definierar den anaeroba tröskeln. (Keskinen et al. 2007, s. 52) Laktatet som uppkommer vid energiprocesserna kan också återanvändas i glykoneogenes då levern omvandlar det till glykogen. Blodets laktathalt är egentligen ett mått på i vilken grad anaerobisk metabolism sker men anger inte anaerobisk kraft. (Åstrand et al. 2003, s. 252, 254) Laktatkoncentrationen mäts i mmol/liter och dess värde varierar individuellt. Det är ett uppskattat mätinstrument för att värdera idrottarens prestationsförmåga och de olika uthållighetsområdenas gränser. (Keskinen et al. 2007, s. 113-114) För en djupare och mer komplett redovisning av laktat och dess egenskaper hänvisas till exempelvis Åstrand et al (2003).

### 4.2.3 Ventilation

Relevant för syreupptagningsförmågan är också ventilationen VE d.v.s. andningen. Syret transporteras från lungorna till cellerna i blodomloppet, som också transporterar bort koldioxiden som bildas vid cellandningen och lungandningen. Under arbete ökar ventilationen p.g.a. behov av mera syre till en början ganska linjärt och lungventilationen ökar kraftigt vid hårt arbete vilket främst beror på att det bildas mjölksyra i de arbetande musklerna som i kroppens metabolism ger upphov till extra koldioxid. Denna utveckling kallas ventilationströskeln och kan mätas i direkta konditionstest och syns då i ökad mängd koldioxid i utandningsluften. Ventilationströsklarna nås ungefär samtidigt som idrottaren når laktattrösklarna. (McArdle et al. 2010, s. 291-293)

Några viktiga termer som är bra att hålla i minnet beträffande ventilationen är ventilationsekvivalenten och ventilationströskeln  $V_T$ . Ventilationsekvivalenten innebär förhållandet  $VE:VO_2$  och beskriver minutventilationen i förhållande till syreförbrukningen. Ventilationsekvivalenten är normalt kring 25 (25l luft per liter förbrukad syre) hos friska vuxna på en intensitet på upp till 55% av  $VO_{2max}$  och kan stiga till ca 35-40 och



mer under intensiva prestationer.  $V_T$  innebär de punkter då  $VE:VO_2$ -förhållandets linje ändrar riktning och stiger mer skarpt. Då är inte den inandade luften mera i direkt förhållande till efterfrågan på syre i kroppen utan ett resultat av att mer  $CO_2$  måste andas ut som ett resultat av kroppens buffring av laktat. (McArdle et al. 2010, s. 292-292)

#### 4.2.4 Hjärtfrekvens

Syret transporteras till musklerna av blodomloppet vars motor är hjärtat. Då syret tagits upp av lungorna, binder det sig till proteinmolekylen hemoglobin i de röda blodkropparna i blodet och pumpas sedan vidare till bl.a. musklerna. Muskelnas muskelfibrer tar upp syret och största delen förbrukas i samband med ATP-produktionen varefter nedbrytningsprodukter av energiprocessen transporteras bort. Skillnaden mellan innehållet av syre i det arteriella blodet som är på väg till musklerna och det syrefattiga venösa blodet kallas A-V-differensen och varierar med förbrukningen av syre. (Annerstedt & Gjerset 1997, s. 50-51)

Mera blod till musklerna per tidsenhet kan påverkas bara genom att hjärtat pumpar mer blod totalt eller genom att mer av det blod som pumpas kanaliseras till musklerna. Därmed är hjärtats pumpkapacitet av avgörande betydelse. Pumpkapaciteten (l/min) kallas hjärtats minutvolym och den är beroende av hur många gånger hjärtat pumpar per minut, d.v.s. pulsen/hjärtfrekvensen HF och hur mycket blod som pumpas ut per slag, eller slagvolymen SV. Hjärtfrekvensen ökar från vilopulsen (arbete med 0% intensitet med endast ämnesomsättningsfunktioner, andning, hjärtslag och ett antal övriga aktiviteter på cellnivå) till ett maximalt värde vid arbete med maximal intensitet (maxpuls). Normalt ökar slagvolymen med stigande arbetsintensitet upp till arbete med intensitet på ca 40-50% av syreupptagningsförmågan, varefter den avtar något. (Annerstedt & Gjerset 1997, s. 52-53)

Det har forskats en del i sambandet mellan  $VO_2$  max och hjärtfrekvens och det är i submaximala testsammanhang vanligt att använda sig av tabeller med ett linjärt samband dem emellan, d.v.s. att hjärtfrekvensen ökar i motsvarande grad som syreupptagningen. Det finns dock många invändningar mot denna metod eftersom bl.a. individuella och

omgivningspåverkade faktorer kan ha stor inverkan på maxpulsens värde. (Åstrand et al. 2003, s. 284-285)

Icke-handikappade personers hjärtfrekvens kan på befolkningsnivå beräknas med formeln  $HF_{max} = 220 - \text{ålder}$  med en felmarginal på  $\pm 15$ . Mer tillförlitligt med utrymme för individuella skillnader räknas pulsen ut med formeln  $HF_{max} = 210 - (\text{ålder} * 0,65)$ . (Keskinen et al. 2007, s. 79)

#### **4.2.5 Den aeroba och anaeroba tröskeln**

I uthållighetsträning definierar man allmänt träningseffekten genom att enligt idrottarens energiämnesomsättning dela in uthållighetsprestationen i olika delar. Man har definierat fyra olika områden som delar in uthållighetsprestationer: grunduthållighet, fartuthållighet, maximal uthållighet och snabb uthållighet. Grunduthållighet och fartuthållighet skiljs åt av den aerobiska tröskeln och fartuthållighet och maximal uthållighet av den anaerobiska tröskeln. (Keskinen et al. 2007, s. 51)

Den aeroba och anaeroba tröskeln baserar sig på de förändringar energiprocesserna i musklerna som sker då intensiteten under en prestation ökar. Detta går att mäta via laktat- och ventilationsmätningar som konstaterats i kapitlen 4.2.2 och 4.2.3. I Finland definieras den aeroba tröskeln som en kombination av de första laktat- och ventilations-trösklarna. Det är den största arbetseffekten och energiförbrukningen då hjärtmuskeln, levern och skelettmuskulaturen kan eliminera så mycket laktat att laktatnivån i blodet inte överstiger vilonivån. Då intensiteten under prestationen ökar, ökar laktatnivån i blodet också samtidigt som ventilationen ökar, vilket kallas den anaerobiska tröskeln. (Keskinen et al. 2007, s. 52)

## 5 SYFTE, FRÅGESTÄLLNING OCH AVGRÄNSNINGAR

De vanliga träningsprinciperna gäller också idrottare med ryggmärgsskador, men jämfört med en icke-handikappad person finns det många bl.a. fysiologiska skillnader i hur kroppen reagerar på träning och bygger upp uthållighetsprestationsförmågan. Den funktionella kapaciteten hos en person med ryggmärgsskada avgörs som vi redan konstaterat av ryggmärgsskadenivån som vidare definierar vilka muskler som kan användas och i vilken omfattning det sympatiska nervsystemet fungerar. (Goosey-Tolfrey & Price 2010, s. 48) Ryggmärgsskadade idrottare har individuella förändringar i de metaboliska, kardiorespiratoriska, neuromuskulära och värmereglerande systemen (Bhambhani 2002, s. 23) som alla påverkar uthållighetsprestationsförmågan på olika sätt. Syftet med den här studien är att undersöka de fysiologiska egenskaper som är relevanta i konditionstestning av uthållighetsprestationsförmågan hos ryggmärgsskadade idrottare.

För att bestämma en idrottares uthållighetsprestationsförmåga i ett direkt konditionstest, mäter man i allmänhet den maximala syreupptagningsförmågan, pulsvärden samt laktat- och ventilationsvärden. (Keskinen et al. 2007, s. 64-65) Jag har valt att i denna studie fokusera på dessa faktorer. Jag ämnar inte gå in på övriga viktiga prestationsinverkande faktorer som träningsprinciper, näringsfysiologi, omgivning eller återhämtning efter prestationen. Jag redogör inte heller för de psykologiska och sociala faktorer som naturligtvis alltid har en inverkan på idrottsprestationen. Jag kommer inte heller att ta upp rehabilitering. I den här studiens systematiska litteraturstudie redogörs endast för forskning av idrottare med ryggmärgsskada trots att det enligt den paralympiska klassificeringen också kan finnas idrottare med andra handikapp i samma paralympiska klasser.

Studien har två frågeställningar:

1. Hur skiljer sig de fysiologiska egenskaper som är relevanta i konditionstestning av uthållighetsprestationsförmågan hos ryggmärgsskadade idrottare jämfört med dessa hos icke-handikappade idrottare?
2. Hur påverkar graden av ryggmärgsskada de olika fysiologiska egenskaper som normalt konditionstestas?

## 6 METOD

Jag har valt att som metod använda mig av en systematisk litteraturstudie. Den innebär enligt Forsberg och Wengström *”att systematiskt söka, kritiskt granska och sammanställa litteraturen inom ett valt ämne eller problemområde”*. Den syftar till att åstadkomma en syntes av information från tidigare empiriska studier och bör fokusera på aktuell forskning. (Forsberg & Wengström 2008, s. 34)

Forsberg och Wengström har sammanfattat arbetsfaserna i en systematisk litteraturstudie enligt följande:

- problemformulering – varför görs studien?
- formulering av frågor som går att besvara
- formulering av en plan för studien
- bestämning av sökord och sökstrategi
- identifikation och val av litteratur i form av vetenskapliga artiklar och rapporter
- kritisk värdering, kvalitetsbedömning och val av den litteratur som ska ingå
- analys och diskussion av resultatet
- sammanställning och dragning av slutsatser

(Forsberg & Wengström 2008, s. 35)

SBU (Svenska Statens beredning för medicinsk utvärdering) bedömer att följande kriterier skall vara uppfyllda i en systematisk litteraturstudie: Den skall ha klart formulerade frågeställningar, tydligt skrivna kriterier och metoder för sökning och urval av artiklar och alla relevanta studier skall vara inkluderade. Studierna skall vara kvalitetsbedömda och svaga studier skall ha uteslutits. Metaanalys har använts för en sammanvägning av resultatet från flera mindre studier och målgrupperna i översikten skall likna målgruppen som resultatet skall generalisera till. Alla kliniskt viktiga konsekvenser skall ha beaktats och både nytta och risker ha presenterats. (Forsberg & Wengström 2008, s. 30-31)

## 6.1 Litteratursökning

Litteratursökningen gjordes 19.-28.8.2013 i databaserna PubMed och SportDiscus EBSCO. Under skrivandet av bakgrunden till denna studie, syntes tydligt att den vetenskapliga litteratur jag använde mig av använde mycket olika nyckelord trots samma ämne. Jag ansåg att litteratursökningen skulle ge bäst resultat genom utnyttjande av den booleska operatoren AND (och) och trunkering \* för att bäst visa artiklar intressanta för just mina forskningsfrågor (Forsberg & Wengström 2008, s. 86, 88). En del av artiklarna fanns att få direkt i elektroniskt format, medan de artiklar som publicerats i tidskriften Medicine & Science in Sports & Exercise gick att avhämta på Kampusbiblioteket Terkko i Mejlans.

## 6.2 Val av artiklar för kvalitetsgranskning

Inklusionskriterierna för val av artiklar för kvalitetsgranskning var som beskrivs nedan. Samtliga kriterier skulle uppfyllas:

- Utgiven år 2002 eller senare
- Studien undersöker idrottare med ryggmärgsskada
- Studien undersöker någon eller några av de fysiologiska egenskaper som är relevanta för uthållighetsprestationsförmågan vid konditionstestning
- Studien skall vara en vetenskapligt uppbyggd forskning i original (med syfte, frågeställning, metod, analys, resultat, diskussion och slutsats (Forsberg & Wengström 2008, s. 54-60)) och utgiven på svenska, finska eller engelska

Vid urvalet av artiklar använde jag också vissa exklusionskriterier. En studie som inte uppfyllde alla inklusionskriterier eller något av exklusionskriterierna gick inte vidare till kvalitetsgranskning. Exklusionskriterierna var:

- Studien undersöker ryggmärgsskadade personer som inte idrottar
- Studien undersöker träningseffekt av en viss form av träning
- Studien undersöker effekter inom rehabilitering eller har fokus på något annat än uthållighetsprestationsförmågan
- Studien undersöker idrottsprestationer som stimulerats elektriskt

Urvalet gjordes på basen av artikelns rubrik, abstrakt och utgivningsår. Sökningsresultatet gav många dubletter och också en artikel jag inte kommit åt, varefter det sammanlagda antalet artiklar jag valde för kvalitetsgranskning blev 16 (se tabell 1 och tabell 2). I tabell 3 sammanfattas de artiklar som valdes till kvalitetsgranskning.

*Tabell 1. Litteratursökning med sökord och antal träffar under rätt tidsperiod i PubMed samt antal utvalda artiklar som uppfyller inklusionskriterierna*

<b>Sökord</b>	<b>Träffar</b>	<b>Antal utvalda artiklar (med dubletter)</b>
spinal cord injur* AND peak oxygen uptake	65	5
spinal cord injur* AND aerobic fitness	27	12
spinal cord injur* AND exercise responses	138	8
physiolog* AND exercise AND spinal cord injur*	805	8
spinal cord injur* AND aerobic capacity AND athletes	4	3
exercise responses AND paraplegi*	50	1
exercise responses AND tetraplegia*	22	4
spinal cord injur* AND athletes AND lactate	12	3
spinal cord injur* AND athletes AND ventilat*	6	2

spinal cord injur* AND athletes AND heart rate	22	4
--	----	---

*Tabell 2. Litteratursökning med sökord och antal träffar under rätt tidsperiod i Sport-Discus EBSCO samt antal utvalda artiklar som uppfyller inklusionskriterierna*

<b>Sökord</b>	<b>Träffar</b>	<b>Antal utvalda artiklar (med dubletter)</b>
spinal cord injur* AND peak oxygen uptake	33	4
spinal cord injur* AND aerobic fitness	13	0
spinal cord injur* AND exercise responses	39	1
physiolog* AND exercise AND spinal cord injur*	231	8
spinal cord injur* AND aerobic capacity AND athletes	4	2
exercise responses AND paraplegi*	17	1
exercise responses AND tetraplegi*	12	1
spinal cord injur* AND athletes AND lactate	12	2
spinal cord injur* AND athletes AND ventilat*	6	1
spinal cord injur* AND athletes AND heart rate	13	2

Tabell 3. Sammanfattning av de studier som gick till kvalitetsgranskning

Nummer	Artikel	Författare	Publiceringsår	Databas
1	Aerobic capacity and peak power output of elite quadriplegic games players	V. Goosey-Tolfrey, P. Castle & N. Webborn	2006	SportDiscus EBSCO
2	Aerobic Work Capacity in Elite Wheelchair Athletes	van der Woude LHV, Bouten C, Veeger HEJ & Gwinn T	2002	PubMed
3	Autonomic Cardiovascular Control in Paralympic Athletes with Spinal Cord Injury	Christopher R. West, Shirley C. Wong & Andrei Krassioukov	2013	PubMed
4	Autonomic Function and Exercise Performance in Elite Athletes with Cervical Spinal Cord Injury	Christopher R. West, Lee M. Romer & Andrei Krassioukov	2012	SportDiscus EBSCO, PubMed
5	Disability Type Influences Heart Rate Response during Power Wheelchair Sport	J. P. Barfield, Laurie A. Malone, Jill M. Collins & Stephen B. Ruble	2005	SportDiscus EBSCO, PubMed
6	Effects of Spinal Cord Lesion Level upon Thermoregulation during Exercise in the Heat	Michael J. Price & Ian G. Campbell	2003	SportDiscus EBSCO, PubMed
7	Heart adaptations to long-term aerobic training in paraplegic subjects: an echocardiographic study	M.A. Maggioni, M. Ferratini, A. Pezzano, J.E. Heyman, L. Agnello, A. Veicsteinas & G. Merati	2012	SportDiscus EBSCO, PubMed



8	Performance diagnostics in handbiking during competition	T. Abel, S. Schneider, P. Platen & H.K. Strüder	2006	SportDiscus EBSCO, PubMed
9	Physiologic Responses of Competitive Canadian Cross-Country Skiers With Disabilities	Yagesh Bhambhani, Scott Forbes, Janet Forbes, Bruce Craven, Cristiane Matsuura & Carol Rodgers	2012	PubMed
10	Physiological and metabolic responses of wheelchair athletes in different racing classes to prolonged exercise	Ian G. Campbell, Clyde Williams and Henryk K.A. Lakomy	2004	SportDiscus EBSCO, PubMed
11	Resting Cardio-pulmonary Function in Paralympic Athletes with Cervical Spinal Cord Injury	Christopher R. West, Ian G. Campbell, Robert E. Shave & Lee M. Romer	2012	SportDiscus EBSCO, PubMed
12	Scaling Behavior of $\text{VO}_{2\text{peak}}$ in Trained Wheelchair Athletes	Victoria L. Goosey-Tolfrey, Alan M. Batterham, and Keith Tolfrey	2003	SportDiscus EBSCO, PubMed
13	Submaximal exercise responses in tetraplegic, paraplegic and non spinal cord injured elite wheelchair athletes	C. A. Leicht, N. C. Bishop, V. L. Goosey-Tolfrey	2012	SportDiscus EBSCO, PubMed
14	The aerobic performance of trained and untrained handcyclists with spinal cord injury	Dale Lovell, Darron Shields, Belinda Beck, Ross Cuneo & Chris McLellan	2012	SportDiscus EBSCO, PubMed

15	Thermoregulatory responses to exercise and warm water immersion in physically trained men with tetraplegia	E.M. Gass, G.C. Gass & K. Pitetti	2002	SportDiscus EBSCO
16	Total haemoglobin mass but not cardiac volume adapts to long-term endurance exercise in highly trained spinal cord injured athletes	Yorck Olaf Schumacher, Sebastian Ruthard, Michael Schmidt, Christoph Ahlgrim, Kai Roecker & Torben Pottgiesser	2008	SportDiscus EBSCO

### 6.3 Kvalitetsgranskning

Eftersom det finns många potentiella felkällor i undersökningar rekommenderar SBU att övergripande kvalitetskriterier bör kontrolleras. Genom att besvara följande åtta frågor och ge poäng åt artiklarna enligt antal positiva svar (negativt i fråga 7), kan man kontrollera att kvaliteten på studierna är tillräckligt hög för att de skall kunna inkluderas i litteraturstudien.

1. Finns det en tydlig frågeställning eller en bestämd hypotes?
2. Är det möjligt att bekräfta eller förkasta hypotesen eller besvara frågan?
3. Är försöksgruppen representativ och tillräckligt stor?
4. Finns det en godtagbar kontrollgrupp?
5. Är mätningar och uppskattningar tillförlitliga?
6. Redovisas alla väsentliga uppgifter?
7. Kan oönskade eller ovidkommande faktorer ha påverkat resultatet?
8. Är de statistiska metoderna adekvata?

(Forsberg & Wengström 2008, s. 125)

För att vara av hög kvalitet skall artikeln få sju till åtta poäng. En artikel med fem till sex poäng är av medelkvalitet och en artikel med lägre poäng faller ur litteraturstudien. I kvalitetsgranskningen var 13 artiklar av hög kvalitet och tre av medelkvalitet. Samtliga

artiklar inkluderades i litteraturstudien. Tabell 4 redogör för hur jag poängsatt de 16 artiklarna i kvalitetsgranskningen.

*Tabell 4. Kvalitetsgranskning med givna poäng och kvalitetsbedömning*

	Fråga 1	Fråga 2	Fråga 3	Fråga 4	Fråga 5	Fråga 6	Fråga 7	Fråga 8	Bedömning
1	JA	NEJ	JA	NEJ	JA	JA	NEJ	JA	6/8 medel
2	JA	NEJ	JA	NEJ	JA	JA	NEJ	JA	6/8 medel
3	JA	JA	JA	NEJ	JA	JA	NEJ	JA	7/8 hög
4	JA	JA	JA	NEJ	JA	JA	NEJ	JA	7/8 hög
5	JA	JA	JA	JA	JA	JA	NEJ	JA	8/8 hög
6	JA	JA	JA	NEJ	JA	JA	NEJ	JA	7/8 hög
7	JA	JA	JA	JA	JA	JA	NEJ	JA	8/8 hög
8	JA	JA	NEJ	NEJ	JA	JA	NEJ	JA	6/8 medel
9	JA	JA	JA	NEJ	JA	JA	NEJ	JA	7/8 hög
10	JA	JA	JA	NEJ	JA	JA	NEJ	JA	7/8 hög
11	JA	JA	JA	JA	JA	JA	NEJ	JA	8/8 hög
12	JA	JA	JA	NEJ	JA	JA	NEJ	JA	7/8 hög
13	JA	JA	JA	JA	JA	JA	NEJ	JA	8/8 hög
14	JA	JA	JA	JA	JA	JA	NEJ	JA	8/8 hög
15	JA	JA	JA	JA	JA	JA	NEJ	JA	8/8 hög
16	JA	JA	JA	NEJ	JA	JA	NEJ	JA	7/8 hög

## 6.4 Etiska aspekter

Forsberg och Wengström (2008) poängterar att det är viktigt att göra noggranna etiska överväganden vid en systematisk litteraturstudie både beträffande urval och presentation av resultat. Precis som de rekommenderar, har jag kontrollerat att de artiklar jag använder mig av i litteraturstudien är etiskt godkännbara. De flesta av studierna har fått ett godkännande av en etisk kommitté och alla artiklar redovisar opartiskt för undersökningens resultat. (Forsberg & Wengström 2008, s. 77) Alla artiklar är originalartiklar som publicerats i vetenskapliga tidskrifter.

## 6.5 Reliabilitet och validitet

Både reliabilitet och validitet är begrepp som bör beaktas vid kritisk granskning av en undersökning. En undersöknings reliabilitet innebär att den vid ett upprepat tillfälle skulle ge samma resultat då fenomenet är konstant. Reliabilitet kan definieras som mätinstrumentets reproducerbarhet, tillförlitlighet och precision. Låg reliabilitet innebär att mätprocessen kan ha påverkats av ett slumpfel. (Forsberg & Wengström 2008, s. 112)

Med validitet avses att undersökningen mäter det som är avsett att mätas. Validitet innebär att det inte finns systematiska mätfel. Validitet kan delas in i intern och extern validitet. Intern validitet innebär att man kan dra en slutsats att en oberoende variabel påverkat en beroende variabel i undersökning, medan extern validitet innebär graden generaliserbarhet från urvalet till en population. (Forsberg & Wengström 2008, s. 107-108, 113)

I den här studien uppfyller de artiklar som ingår i litteraturstudien kraven på reliabilitet och validitet. Det är endast den externa validiteten som delvis kan ifrågasättas, eftersom gruppen av ryggmärgsskadade idrottare är så komplex. Såsom det framgår av resultaten, finns det inte entydiga värden som direkt kan generaliseras på hela gruppen utan resultaten är mycket varierande och påverkade av individuella faktorer.

## 7 RESULTAT

I det här kapitlet kommer jag först att redovisa för resultaten i de artiklar som ingick i litteraturstudien. Efter att i tabellform redogjort för artiklarna kommer jag att dela in resultaten av undersökningarna enligt forskningsfrågorna för en mer tematisk presentation.

Tabell 5. Sammanfattning av de olika artiklar som ingick i litteraturstudien

Nr	Författare och publiceringsår	Studiens syfte	Metod	Resultat	Slutsatser
1	Goosey-Tolfrey, V. et al 2006	<p>Att samla fysiologiska profiler av brittiska tetraplegiska idrottare och jämföra relationen mellan aerobisk kapacitet och sprint kapacitet.</p> <p>Användning av Schoberer Rad Mess-technik (SRM) Training System för genomförandet av testen.</p>	<p>Åtta tetraplegiska manliga idrottare (fyra rullstolsrugbyspelare och fyra rullstolsstennispelare, skada C5-7) utförde ett ergometer-test med arm-vev. Sprinttestet bestod av motstånd på 2%, 3% och 4% av kroppsvikten under fem sekunders perioder. Den maximala syreupptagningsförmågan (<math>VO_2\text{peak}</math>), maximala hjärtfrekvensen (<math>HF_{\text{max}}</math>) och den största kraften i form av <math>PO_{\text{aer}}</math> och PPO mättes.</p>	<p>I medeltal var <math>VO_2\text{peak}</math> 0,96 l/min, <math>HF_{\text{max}}</math> 134 och <math>PO_{\text{aer}}</math> 67,7 W. I medeltal var sprintprestationens högst kraft PPO 220 W.</p> <p>Stora individuella skillnader förekom.</p> <p><math>VO_2\text{peak}</math> och <math>PO_{\text{aer}}</math> korrelerade.</p>	<p>Jämfört med den litteratur som finns tillhanda, har dessa idrottare en högre aerobisk uthållighetsprestationsförmåga än andra i samma situation, men dock inte lika hög som paralympiska uthållighetsidrottare uppvisat.</p> <p>Då resultaten från den anaerobiska sprintprestationen jämfördes med tidigare undersökningar av paraplegiska idrottare, ser man att dessa försökspersoner har förhållandevis bättre anaerobisk uthållighetsprestationsförmåga.</p> <p>De stora variationerna i <math>HF_{\text{max}}</math> beror på skillnader i skadornas omfattning, d.v.s. i vilken grad det sympatiska nervsystemets innerveringar i hjärtat fungerar.</p> <p><math>VO_2\text{peak}</math> och <math>HF_{\text{max}}</math> relaterade till skadenivå och -omfattning.</p>

2	Van der Woude, L.H.V. et al 2002	Att ge en beskrivande analys och databas av aerobisk uthållighet hos rullstolstoppidrottare.	<p>68 rullstolsidrottare varav 48 hade en ryggmärgsskada (38 män och 10 kvinnor som deltog i klasserna T1-T4) testades och parametrar för mätning av aerobisk uthållighet mättes i ett rullstolsergometertest. Övriga testade hade CP-skador eller amputeringar.</p> <p>Bl.a. <math>HF_{max}</math>, <math>VO_2peak</math> och <math>V_E</math> mättes.</p> <p>Över hälften av de 48 ryggmärgsskadade idrottare deltog i den lägsta skadeklassen, ingen kvinna deltog i den högsta skadeklassen.</p>	<p>De ryggmärgsskadade manliga idrottarnas <math>HF_{max}</math> var mellan 96 och 195, <math>VO_2peak</math> mellan 0,32 och 2,65 l/min, <math>V_E</math> mellan 14,8 och l/min och 105,9 l/min. De kvinnliga idrottarnas <math>HF_{max}</math> var mellan 99 och 195, <math>VO_2peak</math> mellan 0,51 och 1,4 l/min och <math>V_E</math> 21,9 och 53,9 l/min.</p>	<p>Det var främst expertis inom grenen, ålder, nerlagd tränings- och skadenivå och –omfattning som korrelerade med resultatet.</p> <p>De idrottarna som deltog i de högsta ryggmärgsskadeklasserna T1 och T2 visade lägst <math>HF_{max}</math>.</p> <p>Stora skillnader i aerobisk uthållighet kan ses både mellan och inom de olika klasserna.</p> <p>I hela försöksgruppen var det främst graden av funktionalitet, kön, val av gren, den anaerobiska uthålligheten och nerlagd tränings- och tid som avgör nivån av aerobisk uthållighetsprestationsförmåga.</p>
---	----------------------------------	--	--	---	--

3	West, C. R. et al. 2013	Att undersöka hur ryggmargsskadenivåns och – omfattningens neurologiska nivå (med motorisk, sensorisk och autonom funktion) påverkar hjärtats och blodomloppets funktioner hos paralympiska idrottare med en ryggmargsskada.	52 paralympiska toppidrottare med en kronisk ryggmargsskada (C2-L2) deltog i tre test. I test 1 undersöktes motorisk och sensorisk funktion enligt AIS-skalan, i test 2 undersöktes autonom funktion genom hudrespons och i test 3 undersöktes kardiovaskulär funktion genom ett blodtryckstest vid ortostatiskt prov.	Idrottare med cervikal ryggmargsskada hade lägst blodtryck och mest ortostatisk hypotension.  Det fanns inga signifikanta skillnader i kardiovaskulär funktion mellan de olika AIS-grupperna.  De som hade lägst sympatisk hudresponsnivå hade och också lägst blodtryck och mest ortostatisk hypotension.	Genom att kombinera bedömning av den neurologiska skadenivån med resultat av sensoriska hudresponsmätningar kan man identifiera de idrottare som riskerar abnormal kardiovaskulär funktion. Denna metod rekommenderas att införas i klassificeringssystemen för idrottare med ryggmargsskador.
4	West, C. R. et al. 2012a	Att undersöka de fysiologiska orsakerna till takykardi som kan uppstå under en fysisk prestation och att undersöka samband mellan autonom funktion, det internationella rullstolsrugbyförbundet IWRF:s klassificeringssystem och prestationsförmåga i toppidrottare med ryggmargsskador.	Sju paralympiska rullstolsrugbyspelare med en motoriskt komplett cervikal ryggmargsskada testades i tre test. I det första testet klassificerades spelarna enligt IWRF:s system, autonom funktion mättes med fem hudresponsmätningar och den kardiovaskulära funktionen med ett ortostatiskt test.  I test 2 mättes HFmax och avlagd sträcka i ett fyraminuter långt maximalt test.  I test 3 uppmättes VO <sub>2</sub> peak och HFmax i testlaboratorium under ett maximalt armvevstest.	Alla testade hade intakta resultat i hudresponsmätningarna, lite eller ingen skillnad i det systoliska blodtrycket från liggande till sittande läget och träningen framkallade takykardi.  Ju bättre resultat i hudresponsmätningarna, desto högre HF <sub>max</sub> och VO <sub>2</sub> peak i det andra testet, medan IWRF klassificeringen inte korrelerade med resultaten.	Alla testade hade delvis nedsatt kontroll av det sympatiska nervsystemet under skadenivån.  Nivån av hudrespons påverkar prestationsförmågan medan IWRF:s klassificering inte korrelerade med resultaten.  Det sympatiska nervsystemets funktion påverkar långt prestationsförmågan hos idrottare med ryggmargsskador.

5	Barfield, J.P. et al. 2005	<p>Att undersöka hur typ av skada inverkar på kroppens reaktioner på en fysisk prestation under rullstolsidrott.</p> <p>Att undersöka hur hjärtfrekvensen under tävlingen påverkas av tidigare kardiorespiratorisk konditionsträning för denna grupp.</p>	48 idrottare (10 med ryggmargsskada, 9 hade C4-C7 och 1 T7) som deltog i 2003 Power Soccer National Tournament, USA, fick en Polar S610-pulsmätare och pulsen mättes var femte sekund under före och under hela tävlingen.	<p>De ryggmargsskadade idrottarna hade lägst skillnader i HF då pulsvärden före spelen jämfördes med pulsvärden under spelen.</p> <p>Bara 10% av de ryggmargsskadade idrottarna hade högre HF än 55% av HF<sub>max</sub> under spelet, jämfört med över 70% idrottarna med CP-skada.</p>	<p>Typ av skada påverkar HF under denna typ av rullstolsidrott och påverkar vilken typ av träningsintensitet som kan användas.</p> <p>Eftersom bara 10% av de ryggmargsskadade idrottarna hade högre HF än 55% av HF<sub>max</sub> under spelet, kan man inte vara säker på att den här grenen utvecklar den kardiorespiratoriska konditionen hos denna grupp.</p>
---	----------------------------	---	--	--	--



6	Price, M. J. & Campbell, I. G. 2003	Att undersöka skadenivåns inverkan på termoreglage hos rullstolsidrottare under långvarig fysisk aktivitet i värme.	<p>Åtta tetraplegiker, tio paraplegiker med hög skadenivå och tio paraplegiker med låg skadenivå utförde en prestation på 60% av <math>VO_{2peak}</math> under 60 minuter i varma omständigheter (<math>31,5 \pm 1,7^{\circ}C</math> och <math>42,9 \pm 8\%</math> luftfuktighet).</p> <p>Hudtemperatur och strålningstemperatur mättes.</p>	<p>Strålningstemperaturen ökade gradvis i de båda paraplegiska grupperna och mer brant i den tetraplegiska.</p> <p>Hudtemperaturen i överkroppen var högre hos de tetraplegiska idrottarna än hos de paraplegiska.</p> <p>Inga signifikanta skillnader mättes i hudtemperaturen på benen.</p> <p>Värmelagringen var störst hos de tetraplegiska idrottarna.</p>	<p>Alla idrottare slutförde testet och mest obalans i termoreglaget mättes hos de tetraplegiska idrottarna.</p> <p>Mera påfrestande omgivningsfaktorer (högre värme) eller intensivare prestation kan resultera i större störningar hos de ryggmärgsskadade idrottarna.</p>
7	Maggioni, M. A. et al. 2012	Att genomföra en jämförande ekokardiografisk undersökning mellan tränade och otränade ryggmärgsskadade individer och att bestämma om hjärtats adaptionsförmåga under träning på lång sikt är densamma som hos icke-ryggmärgsskadade individer.	<p>17 ryggmärgsskadade män varav 10 hade genomfört aerobisk träning i mer än fem år och 18 icke-ryggmärgsskadade män i samma ålders- och viktklass varav 10 hade genomfört aerobisk träning i mer än fem år.</p> <p>Alla testade genomgick en ekografisk ultraljudsundersökning och de ryggmärgsskadade genomförde dessutom ett uthållighetstest fram till utmattning.</p>	<p>Jämfört med de icke-ryggmärgsskadade individerna hade de ryggmärgsskadade lägre hjärtpacitet.</p> <p>Då de tränade och otränade grupperna jämfördes syntes samma positiva förändringar i hjärtmuskulaturen hos både de ryggmärgsskadade och icke-ryggmärgsskadade individerna.</p>	<p>Hjärtat verkar anpassa sig positivt till långvarig träning också hos ryggmärgsskadade individer.</p> <p>Regelbunden träning bidrar till starkare hjärtmuskulatur, vilket antas inverka positivt på <math>VO_{2peak}</math>.</p> <p>Den här typen av positiv anpassning till långvarig träning kan minska risken för hjärt- och kärlsjukdomar.</p>

8	Abel, T. et al. 2006	Att undersöka metaboliska kardiovaskulära reaktioner och rektioner som är relevanta för energiprocesserna och syreupptagningen vid en fysisk prestation hos en paraplegisk idrottare under en stadsmaraton i handcykling.	<p>En 27-årig manlig handcyklist, med en komplett ryggmärgsskada T4, från det tyska landslaget.</p> <p>Idrottaren egen handcykels vev var utbytt mot en vev som registrerade data under loppet.</p> <p>En portabel andningsmask med mätare användes.</p>	<p>Den högsta syreupptagningsförmågan <math>VO_{2peak}</math> mättes till 2535 ml/min (i medeltal 1580 ml/min) och <math>HF_{max}</math> 157 (i medeltal 137).</p> <p>Energikonsumtionen var i medeltal 463 kcal/h och som högst 758 kcal/h.</p> <p>Före tävlingen var blodets laktatmängd 2,9 mmol/l, efter 10 km 4,4 mmol/l, efter 20 km 2,9 mmol/l och efter 30 km 2,9 mmol/l.</p>	<p>Handcyklister i långa lopp skall koncentrera sig på långvarig träning med låg intensitet för att förbättra sin aerobiska kapacitet.</p> <p>Under tävlingsförhållanden utvecklar paraplegiska idrottare ofta höga metaboliska värden och de individuella skillnaderna är stora.</p>
9	Bhambhani, Y. et al. 2012	Att undersöka akuta kardiorespiratoriska och metaboliska reaktioner bland skidlöpare med handikapp under ett terrängskidningslopp.	<p>Nio skidlöpare med olika typer av handikapp deltog i undersökning: Tre, ryggmärgsskadade, fyra synskadade, en hjärnskadad och en med CP-skada.</p> <p>De testade genomförde ett tre minuter långt test och ett 12 minuter långt test i sin egen skidställning.</p> <p>Kardiorespiratoriska reaktioner mättes hos alla testade för att jämföra dem sinsemellan. HF och laktatnivå mättes också 2, 5 och 10 minuter efter prestationen.</p>	<p>Generellt uppmättes högre värden av syreupptagningsförmåga, ventilation och HF under det längre testet.</p> <p>De sittande skidlöparna (ryggmärgsskadade) hade betydligt lägre värden av de fysiologiska parametrarna som mättes.</p> <p>De sittande skidlöparna hade betydligt lägre kardiorespiratoriska värden än de stående.</p>	Resultaten kan vara av nytta i klassificeringen av paralympiska idrottare då det tydligt finns skillnader i fysiologiska reaktioner mellan sittande och stående idrottare.

10	Campbell, I. G. et al. 2004	Att undersöka och jämföra vissa utvalda fysiologiska och metaboliska reaktioner under en långvarig prestation hos rullstolsidrottare i två klasser.	<p>Åtta idrottare i T3-klassen med ryggmargsskadenivå T1-T7 och nio idrottare i T4-klassen med ryggmargsskadenivå under T7 samt tre idrottare i T2-klassen med ryggmargsskadenivå C6/C7 deltog i undersökningen.</p> <p>De testade slutförde ett 90 minuter långt test på rullstolslöpband med intensitet 75% av VO<sub>2</sub>peak.</p>	<p>HF var i medeltal <math>165 \pm 2</math> och <math>172 \pm 6</math> i T3- och T4-klassen. I T4 ökade pulsen gradvis medan den i T3 nådde en plåtå. I den tetraplegiska klassen T2 var HF i medeltal <math>114 \pm 3</math>.</p> <p>I klasserna T3 och T4 syntes liknande resultat genom hela testet.</p>	Uthållighetstränade ryggmargsskadade rullstolsidrottare kan utföra långvarigt fysiskt arbete med 75% intensitet av VO <sub>2</sub> peak oberoende av skadenivå.
11	West, C. R. et al. 2012b	Att undersöka hjärt- och lungfunktionerna under vila hos vältränade ryggmargsskadade idrottare och jämföra data med en icke-ryggmargsskadad kontrollgrupp.	<p>Tolv paralympiska (10 manliga, 2 kvinnliga) rullstolsrugbyspelare med ryggmargsskadenivå C5-C7 och en kontrollgrupp med 12 icke-ryggmargsskadade som var utvalda på bas av motsvarande kön och kroppsvikt som testgruppen.</p> <p>I testet undersöktes bl.a. total lungkapacitet, reservinandningsvolym, reservutandningsvolym och hjärtat i ett ekokardiografiskt test.</p>	<p>Den totala lungkapaciteten och reservandningsvolymerna var sämre och residualvolymen i lungorna högre hos de ryggmargsskadade idrottarna.</p> <p>De ryggmargsskadade idrottarna hade också lägre tryck i utandningen, lägre maximalt tryck i diafragmaarbetet. Diafragmaarbetet korrelerade med total lungkapacitet, vilket visar att det är just det som innebär nedsatt lungkapacitet.</p> <p>Hjärtats kapacitet (output), ventrikulära massa och slagvolym var lägre hos de ryggmargsskadade idrottarna.</p>	Vältränade idrottare med cervikal ryggmargsskada uppvisar nedsatt lungkapacitet, svagheter i andnings- och diafragmamuskulatur, hjärtatrofi och nedsatt systolisk hjärtfunktion.

12	Goosey-Tolfrey, V. et al. 2003	Att undersöka om man kan normalisera referensvärden enligt kroppsvikt för VO <sub>2</sub> peak hos vältränade rullstolsidrottare.	<p>Kroppsmassa, VO<sub>2</sub>peak och en antropometrisk mätning av underhudsfett mättes hos 45 rullstolsidrottare.</p> <p>Idrottarna delades in i en grupp med "hög bålstabilitet" (ryggmargsskadenivå T10-S2) och en grupp med "låg bålstabilitet" (ryggmargsskadenivå T1-T7) enligt existerande klassificeringsmetoder.</p> <p>En rullstolsergometer användes för mätning av VO<sub>2</sub>peak.</p>	<p>Den mer stabila klassen hade 11% högre VO<sub>2</sub>peak och en högre absolut VO<sub>2</sub>peak..</p> <p>Man kunde räkna ut en koefficient på 0,82 för att räkna ut VO<sub>2</sub>peak.</p> <p>Efter att ha använt koefficienten i uträkning av VO<sub>2</sub>peak i de båda grupperna (<math>\text{mL} \cdot \text{kg}^{-0,82} \cdot \text{min}^{-1}</math>) såg man att den mer stabila gruppen hade bättre uthållighetsprestationsförmåga.</p>	Formeln ( $\text{mL} \cdot \text{kg}^{-0,82} \cdot \text{min}^{-1}$ ) går att använda hos ryggmargsskadade personer för att räkna ut VO <sub>2</sub> peak i relation till kroppsvikten.
13	Leicht, C.A. et al. 2012	Att analysera reaktioner på submaximala fysiska prestationer bland ryggmargsskadade idrottare.	<p>25 rullstolsidrottare delades i tre grupper: åtta tetraplegiker, nio paraplegiker och åtta icke-ryggmargsskadade.</p> <p>De testade genomförde att submaximalt gradvis ökande konditionstest på 40-80% av VO<sub>2</sub>peak.</p> <p>Syreupptagning VO<sub>2</sub>, HF, blodets laktathalt och upplevd känsla RPE mättes.</p>	<p>På de olika blodlaktatnivåerna fanns det signifikanta skillnader i absolut VO<sub>2</sub> under den submaximala prestationen både då tetraplegiker och paraplegiker jämfördes och också då tetraplegiker och icke-ryggmargsskadade jämfördes.</p> <p>Inga signifikanta skillnader kunde mätas då VO<sub>2</sub> mättes i relation i VO<sub>2</sub>peak.</p> <p>VO<sub>2</sub> och HF korrelerade.</p>	<p>Tetraplegiker, paraplegiker och icke-ryggmargsskadade reagerar på samma sätt i relation till sin % VO<sub>2</sub>peak och RPE på olika submaximala blodlaktatnivåer.</p> <p>Uthållighetsträning kan idkas enligt samma mönster i alla tre grupper, så att träningsintensiteten bestäms i % VO<sub>2</sub>peak.</p> <p>Sambandet mellan VO<sub>2</sub> och HF är motsvarande för tetraplegiker, paraplegiker och icke-ryggmargsskadade.</p>

14	Lovell, D. et al. 2012	Att jämföra de kardiopulmotoriska reaktionerna och mekanisk effekt hos vältränade ryggmargsskadade handcyklister jämfört med otränade ryggmargsskadade män.	Tio vältränade manliga handcyklister och tio otränade men annars fysiskt aktiva ryggmargsskadade män deltog i undersökningen.  Det först testet ökade gradvis till utmattning och det andra testet var submaximalt på 50 och 80 W på en ergometer.	Den vältränade gruppen hade högre VO <sub>2</sub> peak, högre maximal kraft och högre HF <sub>max</sub> samt högre effekt på 50 och 80 W än den otränade gruppen.  Den maximala kraften och VO <sub>2</sub> peak indikerar bäst hur idrottaren presterar i ett 20 km:s lopp.	Vältränade ryggmargsskadade idrottare har bättre aerobisk uthållighetsprestationsförmåga och mekanisk effekt än otränade.  Den bästa metoden för att uppskatta framgång i ett 20 km:s lopp är en mätning av maximal kraft i ett gradvis ökande test.
15	Gass, E.M. et al. 2002	Att jämföra termoregulatoriska reaktioner i tetraplegiska vältränade män vid fysisk träning i 40 minuter med 65% VO <sub>2</sub> peak jämfört med att tillbringa 60 minuter i 39°C vatten.	Fyra vältränade tetraplegiska män (ryggmargsskadenivå C5-7) deltog i tre test.  I det första testet uppmättes VO <sub>2</sub> peak i ett gradvis ökande test som slutade i utmattning, i det andra testet utfördes en 40 minuter lång prestation med 65% VO <sub>2</sub> peak och i det tredje testet satt deltagarna upp till bröstnivå i 39°C vatten i 60 minuter. De två första testen utfördes med rullstol på löpband.  Venöst blod upptogs före, under och efter testen och förändringar i hemoglobin, mängd av röda blodkroppar i blodet och förändringar i plasmavolym	VO <sub>2</sub> peak var i medeltal 1,14 l/min och HF <sub>max</sub> i medeltal 99.  Före nedsänkning i vattnet var HF 67, efter 40 minuter 75 och efter 60 minuter 87. Före det fysiska 40-minuterstestet var HF i medeltal 68 och i medeltal 91 efter 40 minuter.  Kroppstemperaturen steg i medeltal från 35,97°C till 37,32°C efter nedsänkningen i vattnet och i medeltal 36,42°C till 36,67°C efter 40 minuter av träning.  En minskning av blodplasmavolymen i förhållande till mängden röda blodkroppar (hemokoncentration) uppmättes under träningen och en ökning av blodplasmavolymen i förhållande till mängden röda blodkroppar (hemodilution) uppmättes under nedsänkningen i	Undersökningen visar att i denna testgrupp ger 40 minuter i varmt vatten upphov till mer värmelagring och mer ökad blodplasmavolym än 40 minuter träning med intensitet på 65% VO <sub>2</sub> peak.  Jämfört med träningen, gav nedsänkningen i vattnet upphov till lägre HF, lägre koncentration av noradrenalin i blodplasman och en större plasmavolym.

			beräknades.  Blodplasman analyserades också med fokus på nora-drenalin och adrenalin.  HF, kroppstemperatur och svettning mättes under alla test.	vattnet.  Tre testpersoner svettades inte alls på pannan, medan en började svettas efter 20 minuter av träning efter fem minuter nedsänkt i vatt-net.	
16	Schumacher, Y. O. et al. 2009	Att undersöka den totala hemoglobinmassan och hjärtats volym i ryggmärgsskadade idrottare jämfört med otränade ryggmärgsskadade individer och uthållighetstränade icke-ryggmärgsskadade idrottare.	I undersökningen deltog 25 vältränade ryggmärgsskadade idrottare (15 st T6-S5, 6 st T1-T5 och 4 st C6), 10 otränade ryggmärgsskadade personer (5 st T6-S5, 3 st T1-T5 och 2 st C6) och 25 icke-ryggmärgsskadade idrottare från uthållighetsgrenar.	Den totala hemoglobinmassan var högre hos de ryggmärgsskadade idrottarna jämfört med de otränade ryggmärgsskadade personerna, också i relation till kroppsvikten, medan det inte fanns några signifikanta skillnader i hjärtats volym.  Den totala hemoglobinmassan var lägre hos de ryggmärgsskadade idrottarna än hos de icke-ryggmärgsskadade idrottarna.	Den totala hemoglobinmassan anpassar sig positivt till uthållighetsträning också hos ryggmärgsskadade idrottare, medan hjärtats volym inte gör det.  Den totala hemoglobinmassan förblir dock lägre hos de ryggmärgsskadade idrottarna än hos de icke-ryggmärgsskadade idrottarna.

## 7.1 Resultat relevanta för forskningsfråga 1

Litteraturstudien resultat som besvarar den första forskningsfrågan *"Hur skiljer sig de fysiologiska egenskaper som är relevanta i konditionstestning av uthållighetsprestationsförmågan hos ryggmärgsskadade idrottare jämfört med dessa hos icke-handikappade idrottare?"* presenteras nedan.

### 7.1.1 Hjärtfrekvens

Maggioni et al. (2012) presenterar i sin forskning resultat som visar att positiva träningseffekter i hjärtat syns på motsvarande sätt hos ryggmärgsskadade personer överlag som hos icke-ryggmärgsskadade. I samma forskning slås också fast att aerobisk uthållighetsträning leder till hypertrofi av hjärtat, d.v.s. stärker det på samma sätt som hos icke-ryggmärgsskadade. De begränsningar som kan mätas i  $HF_{max}$  beror enligt resultatet på brister av returnering av venöst blod. (Maggioni et al. 2012)

West et al. (2012b) har genomfört en jämförande forskning mellan ryggmärgsskadade idrottare och en icke-ryggmärgsskadad kontrollgrupp och kommit fram till att ryggmärgsskadade idrottares hjärtkapacitet, slagvolym och ventrikulära massa är lägre än hos den icke-ryggmärgsskadade kontrollgruppen. (West et al. 2012b)

Leight et al. (2012) presenterar i sin jämförande forskning flera slutsatser beträffande speciellt tetraplegiker. Det autonoma nervsystemets innerveringar i hjärtat är mer nedsatta hos ryggmärgsskadade personer med skadenivå över T6 än hos ryggmärgsskadade personer med lägre skadenivåer, vilket leder till förändringar i hjärtresponsen och ofta lägre pulsvärden. Man har också kunnat bevisa att det linjära sambandet mellan HF och  $VO_2$  som kan användas i andra grupper, inte helt fungerar hos tetraplegiker. Sambandet kan nog ses bland tetraplegiker med lägre skadenivå kring C6/7 men inte alltid bland dem med högre skadenivåer. Detta faktum kan antas bero på att  $HF_{max}$  hos tetraplegiker med hög skadenivå inte når samma nivå som hos dem med lägre skadenivå, vilket stör det linjära sambandet. (Leicht et al. 2012)

Barfield et al. (2005) kan se en signifikant skillnad i hur hjärtfrekvensen ökar under fysisk aktivitet bland ryggmärgsskadade idrottare jämfört med andra paralympiska idrottare med bl.a. CP-skada. Bland de ryggmärgsskadade idrottarna var ökningen av hjärtfrekvens signifikant lägst som respons på den fysiska aktiviteten. (Barfield et al. 2005)

West et al (2013a) såg i sin undersökning en tendens till extremt låg vilopuls hos både tetraplegiker och paraplegiker med hög skadenivå som testades i liggande ställning och jämfördes med tidigare resultat hos paraplegiska och icke-ryggmärgsskadade grupper. (West et al 2013a)

### **7.1.2 Syreupptagningsförmåga**

Leicht et al. (2012) kan i sin forskning redovisa för resultat som visar att det finns ett linjärt samband mellan HF och  $VO_2$  bland såväl tetraplegiker, paraplegiker som icke-ryggmärgsskadade personer och att sambandet följer samma mönster i alla grupper, förutom bland tetraplegiker (se kapitlet om hjärtfrekvens ovan). I samma undersökning konstaterar man också att det i de olika grupperna förekommer mycket olika värden av  $VO_2$  på olika laktatnivåer, men att de inte är signifikanta då de presenteras i relation till  $VO_{2peak}$  hos respektive idrottare. (Leicht et al. 2012)

Schumacher et al. (2009) kommer fram till att den totala hemoglobinmassan i blodet också hos ryggmärgsskadade personer korrelerar positivt med uthållighetsträning, precis som hos icke-ryggmärgsskadade personer. (Schumacher et al. 2009)

### **7.1.3 Ventilation**

Bhambhani et al. (2012) redovisar för resultat som visar att ventilationen VE var 32% högre bland skidlöpare som stod (bl.a. synskadade paralympiska skidlöpare) jämfört med de ryggmärgsskadade sittande skidlöparna. Relationen  $VE:VO_2$  var däremot lägre, vilket tyder på att ventilerings energibehov är lägre vid sittande ställning än vid stående. Bhambhani et al. (2012) påpekar dock att dessa resultat bör bekräftas i en ny undersökning innan de kan användas helt tillförlitligt. (Bhambhani et al. 2012)



#### 7.1.4 Laktat

Leicht et al. (2012) konstaterar att idrottsprestationens intensitet ofta mäts genom blodlaktatmätningar bland icke-ryggmärgsskadade idrottare och att den väl lämpar sig för samma ändamål också bland ryggmärgsskadade idrottare. Leicht et al. (2012) påpekar att det inte påvisats några olikheter mellan ryggmärgsskadade och icke-ryggmärgsskadade personer beträffande elimineringen av laktat i kroppens metabolism eller energiprocesser. (Leicht et al. 2012)

Bhambhani et al. (2012) kunde i sin forskning inte visa något samband mellan uppmätta eller relativa  $VO_2$ -värden och laktatnivåer hos ryggmärgsskadade idrottare två till tio minuter efter tre och tolv minuter långa test, precis som hos icke-ryggmärgsskadade idrottare. Hos ryggmärgsskadade idrottare kan detta bero på venös ansamling av blod. (Bhambhani et al. 2012)

## 7.2 Resultat relevanta för forskningsfråga 2

Litteraturstudiens resultat som besvarar den andra forskningsfrågan *”Hur påverkar graden av ryggmärgsskada de olika fysiologiska egenskaper som normalt konditionstestas?”* presenteras nedan.

### 7.2.1 Hjärtfrekvens

Flera studier visar samma resultat beträffande sambandet mellan maximal hjärtfrekvens och ryggmärgsskadans nivå och omfattning. Både Goosey-Tolfrey et al. (2006) och van der Woude et al. (2002) konstaterar att  $HF_{max}$  relaterar direkt till skadenivå- och omfattning så att idrottaren har lägre  $HF_{max}$  ju högre skadenivån är. En annan viktig slutsats som resultaten visar är att innerveringarna i hjärtat antas vara det som avgör hjärtats kapacitet. Nedsatt funktion av det sympatiska nervsystemet påverkar hjärtats arbete och blir vanligare ju högre upp ryggmärgsskadan ligger. (Goosey-Tolfrey et al. 2006)

Gass et al. (2002) konstaterar i sin undersökning av tetraplegiska toppidrottare att  $HF_{max}$  under ett gradvis ökande test som slutade i utmattning var  $99 \pm 4$  slag per minut då de rullade sin tävlingsrullstol monterad på ett löpband. (Gass et al. 2002)

Man har också kunnat påvisa att det finns ett samband mellan  $HF_{max}$  och resultaten i test där sensoriska nervförbindelser kontrolleras med hudstimuli.  $HF_{max}$  påverkas bl.a. dels av positiva (eller uteblivna) träningseffekter och dels av det sympatiska nervsystemets nervförbindelser med hjärtat. Hos idrottare med cervikala kompletta ryggmärgsskador har man kunnat se så höga  $HF_{max}$  som 178, vilket anses bero på positiv träningseffekt i kombination med en viss "reservfunktion" i axoner i det sympatiska nervsystemet trots konstaterade kompletta skador. (West et al. 2013b)

Goosey-Tolfrey et al. (2006) presenterar i sin forskning resultat som bl.a. visar att det hos rullstolstennisspelare eller -rugbyspelare inte hittats ett samband mellan  $HF_{max}$  och ålder utan att det är mera skadenivån och -omfattningen som inverkar på  $HF_{max}$ . (Goosey-Tolfrey 2006)

I en jämförande undersökning mellan ryggmärgsskadade terrängskidlöpare och övriga paralympiska terrängskidlöpare (synskadade, CP- och hjärnskadade idrottare) använder sig Bhambhani et al. (2012) bl.a. av den s.k. syrepulsen ( $O_2$ -pulsen) som beräknas som relationen mellan  $VO_{2peak}$  (mL/min) och motsvarande HF.  $O_2$ -pulsen kan användas som en indirekt mätare av hjärtats slagvolym under armvevs- och cyklingsprestationer. (Bhambhani et al. 2012) Av undersökningens resultat framgår tydligt att  $O_2$ -pulsen var signifikant högre bland de stående skidlöparna än bland de ryggmärgsskadade sittande skidlöparna trots att det inte fanns så stora skillnader i HF. Delvis kan detta också bero på venös blodansamling i de nedre kroppsdelarna. (Bhambhani et al. 2012)

(West et al (2013a) kunde se en mer ökande puls hos cervikalt ryggmärgsskadade än hos en torakalt ryggmärgsskadad kontrollgrupp, då testpersonerna restes från liggande till sittande ställning.

### **7.2.2 Syreupptagningsförmåga**

Gass et al. (2002) kom fram till liknande värden på absolut och relativ  $VO_{2peak}$  som normalt rapporteras för tetraplegiska idrottare. Värdena varierar kring absolut  $VO_{2peak}$   $1,14 \pm 0,16 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$  och relativ  $16,7 \pm 1,8 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ .

I sin undersökning presenterar Goosey-Tolfrey et al. (2003) en modell för hur man med koefficienten 0,82 i följande formel ( $\text{mL} \cdot \text{kg}^{-0,82} \cdot \text{min}^{-1}$ ) kan beräkna en ryggmärgsskadad vältränad persons  $\text{VO}_2\text{peak}$  med hänsyn till kroppsmassan. Goosey-Tolfrey et al. (2003) kom fram till att det är främst förmågan till stabilitet och balans i bålmskulaturen som påverkar den maximala absoluta syreupptagningsförmågan då 45 ryggmärgsskadade idrottare jämfördes. Den maximala absoluta  $\text{VO}_2\text{peak}$  var högst i den gruppen med mest bålstabilitet. (Goosey-Tolfrey 2003)

Van der Woude et al. (2002) kunde igen i sin forskning se ett samband mellan uppmätt  $\text{VO}_2\text{peak}$  och ålder bland de testade ryggmärgsskadade idrottarna. (van der Woude et al. 2002)

### **7.2.3 Ventilation**

Campbell et al. (2004) rapporterar att den maximala ventilationen  $V_{E\text{peak}}$  och övriga ventilationsvärden var klart lägst bland de ryggmärgsskadade idrottarna med högst skadenivå, vilket reflekterar den låga funktionella kapaciteten hos gruppen med skadenivå C6/7. Samma resultat syntes också i Price & Campbell (2003). (Campbell et al. 2004; Price & Campbell 2003) Man såg också att förhållandet mellan utandad koldioxid och inandad syre minskade i de båda paraplegiska klasserna efter de första 30 minuterna av den 90 minuter långa prestationen, vilket tyder på att energiprocessen byter till aerob förbränning av fett. Man antar att skillnaderna mellan tetraplegiker och paraplegiker i det här fallet beror på att olika typer av muskelfibrer rekryteras, vilket i sin tur styr metabolismen. (Campbell et al. 2004)

Lovell et al. 2012 kommer i sin forskning fram till att vältränade ryggmärgsskadade idrottare hade bättre syreupptagningsförmåga vid ventilationströskeln VT än den otränade kontrollgruppen. (Lovell et al. 2012)

#### 7.2.4 Laktat

I sin forskning av ryggmärgsskadade idrottares prestationer på submaximal nivå, visar Leicht et al. (2012) att den absoluta  $\text{VO}_2$  var signifikant olika på olika laktatnivåer både då tetraplegiker och paraplegiker jämfördes. De relativa  $\text{VO}_2$ -värdena var dock inte signifikant olika jämfört med  $\% \text{VO}_{2\text{peak}}$ . (Leicht et al. 2012)

Price och Campbell (2003) kan i sin forskning konstatera att liknande laktatnivåer uppmäts då olika paraplegiska grupper jämförs medan tetraplegiska idrottares laktatnivåer är lägre. Samma resultat kommer också Campbell et al. (2004) till. (Campbell et al. 2004, Price & Campbell 2003) Generellt kan också påpekas att ökningen av laktatnivå i blodet är begränsad dels p.g.a. ryggmärgsskadenivån och dels för att den rekryterade muskelmassan är nedsatt. (Abel et al. 2006)

Lovell et al. kommer till motsvarande resultat som Bhambhani et al. (2012) och ser inte heller ett samband mellan post- $\text{VO}_{2\text{peak}}$  och laktatnivåerna. (Lovell et al. 2012)

## 8 DISKUSSION

Det finns några allmänna resultat som framgår ur flera av artiklarna i litteraturstudien. En av de mest övergripande slutsatserna är, som bl.a. Van der Woude et al. (2002) konstaterar, att uthållighetsprestationsförmågan bland rullstolsidrottare i allmänhet och så även bland ryggmärgsskadade idrottare, är mycket varierande och påverkas av den individuella skadenivån och -omfattningen och andra personliga karakteristika. (Goosey-Tolfrey et al. 2006; Leicht et al. 2012; Van der Woude et al. 2002) Förutom denna iakttagelse finns en annan övergripande slutsats som återkommer i flera i artiklar, nämligen att vältränade ryggmärgsskadade idrottare har bättre uthållighetsprestationsförmåga än otränade ryggmärgsskadade personer och att detta faktum beror på samma allmänna positiva träningseffekter som leder till motsvarande resultat hos icke-ryggmärgsskadade personer. (Lovell et al. 2012; Maggioni et al. 2012)

## 8.1 Resultatdiskussion beträffande forskningsfråga 1

I det här kapitlet diskuteras resultaten som är relevanta för den första forskningsfrågan *”Hur skiljer sig de fysiologiska egenskaper som är relevanta i konditionstestning av uthållighetsprestationsförmågan hos ryggmärgsskadade idrottare jämfört med dessa hos icke-handikappade idrottare?”*.

### 8.1.1 Hjärtfrekvens

Det finns motsägelsefulla resultat beträffande en ryggmärgsskadad idrottares hjärtas förmåga att positivt anpassa sig till uthållighetsträning. Maggioni et al. (2012) slår fast att aerobisk uthållighetsträning leder till hypertrofi av hjärtat, d.v.s. stärker det på samma sätt som hos icke-ryggmärgsskadade och att de begränsningar som kan mätas i  $HF_{max}$  beror på brister av returnering av venöst blod. (Maggioni et al. 2012) Av annan åsikt är Schumacher et al. (2009) som konstaterar att hjärtat hos ryggmärgsskadade personer inte kan anpassa sig till uthållighetsträning på samma sätt som hos icke-ryggmärgsskadade personer. Man antar att det beror på att den minskade mängden muskelmassa aldrig behöver så mycket syre att hjärtat de facto skulle vara tvunget att arbeta över sin förmåga och därmed hypertrofiera. (Schumacher et al. 2009)

Hos ryggmärgsskadade personer syns samma linjära samband mellan  $VO_2$  peak och hjärtfrekvens som hos icke-ryggmärgsskadade idrottare, men sambandet minskar ju högre upp skadenivån ligger som bl.a. Leicht et al. (2012) påpekar. Därför anser Leicht et al. (2012) att man skall vara försiktig med att använda HF som ett mått på uthållighetsprestationsförmåga bland personer med ryggmärgsskador.

På basen av litteraturstudiens resultat kan man konstatera att  $HF_{max}$  är mycket beroende av individuella faktorer och att nivån generellt är högre ju lägre ner ryggmärgsskadan ligger. I den litteratur som använts i detta arbetes bakgrund och i litteraturstudien råder olika åsikter om huruvida den ryggmärgsskadade idrottarens hjärtmuskulatur anpassar sig positivt till fysisk träning.

### 8.1.2 Syreupptagningsförmåga

Eftersom den aktiverade muskelmassan är betydligt mindre hos ryggmärgsskadade idrottare än hos icke-handikappade idrottare, når  $VO_2$  max inte en stabil nivå utan istället talar man om  $VO_2$  peak, alltså den toppnivå som idrottaren når. (Goosey-Tolfrey & Price 2010, s. 49) Det är också klart att en ryggmärgsskada på T-nivån och högre medför att det kardiorespiratoriska systemet inte kan arbeta normalt. Hos ryggmärgsskadade personer med skadenivån T6 och ovan är både hjärt- och lungfunktionerna nedsatta. Enligt Hutzler et al. (2011) är det sällan ryggmärgsskadade idrottare uppnår  $VO_2$  peak på mer än 40 ml/kg/min (vilket kan jämföras med konditionsnivå 3 av 7 för icke-handikappade män i 20-30-årsåldern enligt Shvartz & Reibolds klassificering från 1990 (Keskinen et al. 2007, s. 276)). (Hutzler et al. 2011, s. 147)

En sittande position medför också nedsatt lungkapacitet, vilket bl.a. West et al. (2012b) konstaterar. Jämfört med en icke-ryggmärgsskadad kontrollgrupp, uppvisade cervikalt ryggmärgsskadade idrottare nedsatt total lungkapacitet, svagheter i andnings- och diafragmamuskulatur, hjärtatrofi och nedsatt systolisk hjärtkapacitet. (West et al. 2012b)

Schumacher et al. (2009) påpekar i sin undersökning att de faktorer som påverkar uthållighetsprestationsförmågan hos ryggmärgsskadade personer fortfarande inte helt och hållet har kunnat identifieras. Forskningens resultat visar att  $VO_{2max/peak}$  inte är en lika bra mätare av uthållighetsprestationsförmågan varken hos vältränade eller otränade ryggmärgsskadade som hos icke-ryggmärgsskadade personer.

### 8.1.3 Ventilation

Såsom Bhambhani et al. (2012) kommit fram till kan konstateras att ventilationen hos sittande ryggmärgsskadade idrottare är sämre än hos stående icke-ryggmärgsskadade idrottare. (Bhambhani et al. 2012) Ett annat faktum är att andningskapaciteten är nedsatt jämfört med hos icke-ryggmärgsskadade personer. (West et al. 2012b)

Det finns egentligen bara resultat av absoluta  $VO_2$ -värden vid ventilationströsklarna (Bhambhani et al. 2012) och det saknas mycket forskning på detta område.

#### 8.1.4 Laktat

Det har inte direkt påvisats några skillnader i laktatnivåer under jämförbara prestationer hos icke-handikappade och ryggmärgsskadade idrottare, men paraplegikers laktattröskel är procentuellt högre jämfört med syreupptagningsförmågan vilket antas bero på deras jämförelsevis mer vältränade överkroppar. (Bhambhani 2002) Denna slutsats stöds av resultatet i denna litteraturstudie genom Leicht et al. (2012) som också konstaterar att det inte påvisats några olikheter mellan ryggmärgsskadade och icke-ryggmärgsskadade personer beträffande elimineringen av laktat i kroppens metabolism eller energiprocesser. (Leicht et al. 2012) I allmänhet ger forskning att energiprocesserna är desamma hos ryggmärgsskadade idrottare som hos icke-handikappade idrottare. (Bhambhani 2002)

## 8.2 Resultatdiskussion beträffande forskningsfråga 2

I det här kapitlet diskuteras resultat som är relevanta för den andra forskningsfrågan *”Hur påverkar graden av ryggmärgsskada de olika fysiologiska egenskaper som normalt konditionstestas?”*.

### 8.2.1 Hjärtfrekvens

De nerver som påverkar hjärtats frekvens utgår mellan T1 och T4 vilket innebär att ryggmärgsskadade personer med den skadenivån troligen når normalt hög hjärtfrekvens. Har man en skadenivå högre än T1 nås antagligen inte mycket högre puls än den normala vilopulsen. Därmed kan konstateras att hjärtfrekvens som mätinstrument eventuellt inte är det bästa för att mäta ryggmärgsskadade idrottares träningsintensitet om skadenivån är hög. (Goosey-Tolfrey & Price 2010, s. 48)

Man kan konstatera att man med viss försiktighet kan använda sig av  $HF_{max}$  som ett mått på uthållighetsprestationsförmågan bland tetraplegiska idrottare. (Leicht et al. 2012) För paraplegiker med låg skadenivå kan man konstatera att det inte föreligger några problem att använda normala pulsvärden som referens vid träning. (Bhambhani 2002)

Hos ryggmärgsskadade personer syns klart en relativt mindre slagvolym som delvis beror på ansamlingar av det venösa blodet i de nedre delarna av kroppen. Däremot råder diskussion om huruvida A-V-differensen förändras i och med en ryggmärgsskada. Det finns forskning som inte visar några skillnader i paraplegikers och icke-handikappade personers A-V-differens, medan det också påvisats att det råder stora olikheter mellan de båda grupperna. Bhambhani drar ändå slutsatsen att skillnaderna beror på hur stor del av individernas muskelmassa som kan aktiveras under prestationen. (Bhambhani 2002)

### **8.2.2 Syreupptagningsförmåga**

Generellt kan man konstatera att den ryggmärgsskadade idrottaren kan uppnå bättre syreupptagningsförmåga ju lägre ner skadenivån är. Det är också av betydelse för syreupptagningen hur komplett skadan är och det finns stora individuella variationer i syreupptagningsförmåga som går över de här konstaterade gränserna. Syreupptagningsförmågan är högre ju mer vältränad idrottaren är, vilket innebär att en vältränad tetraplegiker kan ha bättre syreupptagningsförmåga än en otränad paraplegiker. (Bhambhani 2002)

En vanlig utgångspunkt i tidigare forskning har varit att anta att det är ryggmärgsskadenivån och i vilken grad skadan är komplett, som förklarar den aerobiska uthållighetsprestationsförmågan helt enkelt enligt det samband att den maximala syreupptagningsförmågan korrelerar med skadenivån. (Goosey-Tolfrey et al. 2006) I Goosey-Tolfrey et al.'s (2006) undersökning konstateras dock att det också finns en stor variation på den aerobiska uthållighetsprestationsförmågan speciellt bland tetraplegiker och denna variation främst beror på ryggmärgsskadans omfattning och -nivå. (Goosey-Tolfrey et al. 2006) Klassificeringen av ryggmärgsskadade idrottare i idrottssammanhang följer också långt denna linje då det är den motoriska och sensoriska förmågan som mäts. (West et al. 2013a)

Det finns dock en viss begränsning med detta sätt att gå till väga eftersom man inte alls mäter i vilken grad det autonoma nervsystemets funktioner fungerar. Ryggmärgsskadade idrottare med samma ryggmärgsskadenivå- och omfattning enligt AISA-systemet kan nämligen ha mycket stora olikheter i de autonoma funktionerna (West et al. 2013b),



vilket resulterar i skillnader i de vasomotoriska nervförbindelserna (som påverkar blodkärlens förmåga att utvidga och dra ihop sig och därmed reglerar blodtrycket) (West et al. 2013a). West et al. (2013a) bevisar i sin studie att graden av skada i de autonoma funktionerna korrelerar med abnormal kontroll av hjärt- och blodkärlfunktioner oberoende av motoriska och andra neurologiska (som sensoriska) funktioner. (West et al. 2013a) West et al. (2013a) kan i sina resultat visa att 10 av 12 ryggmärgsskadade idrottare med cervikal skada hade inkompleta skador i motoriska och sensoriska funktioner med en komplett dysfunktion i de autonoma funktionerna. Detta är av största vikt att veta med tanke på både uthållighetsprestationsförmågan och hälsan överlag, eftersom nedsatta autonoma funktioner leder till sämre reglering av blodtrycket och därmed sämre uthållighetsprestationsförmåga. Dessutom bör en ryggmärgsskadad idrottare vara medveten om att *boosting* som fenomen kan ha ödesdigra följder ju större autonom dysfunktion man har. Därför anser också West et al. (2013a) mycket klart att man också borde undersöka de autonoma funktionerna vid klassificering för olika idrottsevenemang. (West et al. 2013a)

Goosey-Tolfrey et al. (2006) påpekar i sin forskning att det i mätningar av  $VO_2$ peak också är av största vikt att använda standardiserad utrustning. Eftersom t.ex. armvevs- och rullstolsergometrar skiljer sig sinsemellan beträffande bl.a. använd muskulatur och dessutom är mycket olika jämfört med utrustning där en tävlingsrullstol monterats på löpband, bör man vara kritisk till jämförande undersökningar med uppmätta  $VO_2$ peak-värden. (Goosey-Tolfrey et al. 2006) Samma anmärkning gör också Campbell et al. (2003) och konstaterar att prestationen i testet borde vara så lik den specifika idrottsgrenen som möjligt. (Campbell et al. 2003)

I litteraturstudien varierar  $VO_2$ peak-värdena mycket i de olika undersökningarna, vilket delvis beror på individuella faktorer som skadenivå, -omfattning, ålder, kön, kroppsvikt etc. och delvis på att de olika testen genomförts med olika typer av utrustning. En armvevsergometer rekryterar inte samma muskelmassa som en rullstolsergometer och resultaten är inte därför helt jämförbara så att det skulle ha varit av värde att göra upp en tabell över resultaten. Det man kan konstatera är att man under återkommande test under likadana omständigheter nog kan följa med hur uthållighetsprestationsförmågan och  $VO_2$ peak hos en specifik ryggmärgsskadad idrottare utvecklas, men att det inte tillsvidare har sammanställts referensvärden för denna grupp av idrottare.

### 8.2.3 Ventilation

Resultatet av litteraturstudien ger att den maximala ventilationen  $V_{Epeak}$  och övriga ventilationsvärden var klart lägst bland de ryggmärgsskadade idrottarna med högst skadenivå (Campbell et al. 2004; Price & Campbell 2003) vilket kan antas stämma med tanke på allmän forskning som ger att uthållighetsprestationsförmågan beror på den individuella skadenivån och -omfattningen. (Goosey-Tolfrey et al. 2006; Leicht et al. 2012; Van der Woude et al. 2002)

### 8.2.4 Laktat

Forskning visar att paraplegiska rullstolsidrottare utvecklar förhållandevis mera laktat under prestationen, jämfört med tetraplegiker, vilket antas bero på mängden muskler som är aktiverade. (Bhambhani 2002) Leicht et al. (2012) konstaterar att idrottsprestationens intensitet ofta mäts genom blodlaktatmätningar, vilka också väl lämpar sig för samma ändamål bland ryggmärgsskadade idrottare. Detta gäller speciellt tetraplegiker vars övriga traditionella intensitetsparametrar som  $VO_{2peak}$  och  $HF_{max}$  inte alltid är tillförlitliga.

## 8.3 Övriga resultat

Price & Campbell (2003) har forskat i vilka effekter yttre varma omständigheter har på ryggmärgsskadade idrottare och hur skadenivån påverkar värmeregleringen hos ryggmärgsskadade idrottare. Av deras forskning framgår att tidigare undersökningar konstaterat att värmeregleringen hos ryggmärgsskadade idrottare är beroende av skadenivå och av i vilken grad det sympatiska nervsystemet fungerar så att normal svettning och blodtransport kan äga rum. Jämfört med icke-ryggmärgsskadade har ryggmärgsskadade paraplegiker uppvisat lägre svettningförmåga och då ryggmärgsskadade idrottare jämförts sinsemellan har de med skadenivå T6 och lägre svettats mer än de som har högre skadenivåer. Tetraplegiker svettas generellt minst. Av tidigare forskning har också framgått att paraplegiska vältränade idrottare med låga skadenivåer inte uppnår högre kroppstemperatur än icke-ryggmärgsskadade idrottare, vilket antas bero på att den minskade svettningen kompenseras med en mindre använd muskelmassa. (Price & Campbell 2003)

Price & Campbell (2003) genomförde ett test där ryggmärgsskadade idrottare utförde en prestation på 60% av  $VO_2\text{peak}$  i 60 minuter under varma omständigheter och kom fram till att alla testpersoner kunde slutföra testet. Värmelagringen var störst hos de tetraplegiska idrottarna och hudtemperaturen var också högre på överkroppen hos de tetraplegiska idrottarna jämfört med de paraplegiska. Hudtemperaturen steg brantast hos de paraplegiska idrottarna i början av testet men mot slutet av testet var det den tetraplegiska gruppen som hade sämst värmereglering, vilket antas bero på att den paraplegiska gruppen i början rekryterar en större mängd muskelmassa. Generellt kunde konstateras att det är främst områdena under ryggmärgsskadenivån som lagrar värmen i kroppen. (Price & Campbell 2003)

I sin forskning kring samma ämne testar Gass et al. 2002 värmeregleringen hos tetraplegiska idrottare under dels ett 40 minuter långt test på 65% intensitet av  $VO_2\text{peak}$  och dels under nedsänkning i varmt vatten i 60 minuter. Gass et al. (2002) konstaterar att 40 minuter nedsänkt i varmt vatten ger större värmelagring hos tetraplegiker än motsvarande tid fysisk aktivitet med 65% intensitet av  $VO_2\text{max}$ . (Gass et al. 2002)

Lagring av värme i kroppen under idrottsprestationer bidrar bl.a. till högre plasmavolym vilket i sin tur påverkar bl.a. blodtrycket och därmed hjärtats arbete, vilket är orsaken till att jag tar upp detta ämne här. Abel et al. (2006) konstaterar i sin undersökning av en handcyklande ryggmärgsskadad idrottares prestation under ett maratonlopp, att dennes kroppstemperatur efter prestationen var  $40,4^{\circ}\text{C}$ , vilket är en mycket hög kroppstemperatur. (Abel et al. 2006)

## **8.4 Metoddiskussion**

Idén med en systematisk litteraturstudie är att man försöker sammanfatta en syntes utgående från information och data som tidigare empiriska studier sammanställt. Den innebär att man systematiskt söker, kritiskt granskar och till sist sammanställer litteraturen inom det valda problemområdet. (Forsberg & Wengström 2008, s. 34) Jag valde den systematiska litteraturstudien som metod, dels för att det inte fanns färskare överblickande artiklar att tillgå där mina forskningsfrågor skulle ha besvarats och dels för att jag inte

har möjligheten att inom ramarna för slutarbetet på Arcada besvara forskningsfrågorna genom en tillräckligt stor egen empirisk undersökning.

Jag kan se vissa svagheter i denna metod, bl.a. beträffande kvalitetsgranskningen. I kvalitetsgranskningen har jag följt rådande rekommendationer, men resultatet av kvalitetsgranskningen är dock ändå ett resultat av mina subjektiva tolkningar. Det kan bra hända att någon annan skulle ha fattat andra beslut i poänggivningen och kvalitetsgranskningen därmed skulle ha gett annorlunda resultat. Resultatet i litteraturstudien baserar sig också på artiklar jag valt via de sökmetoder och exklusions- och inklusionskriterier jag bestämt och det är inte säkert att det inte skulle finnas övriga relevanta artiklar inom samma ämnesområde som jag missat. En artikel var också avgiftsbelagd, men enligt abstraktet ändrar den inte på resultatet. Dylika händelser kan naturligtvis i värsta fall ge förvrängda resultat, varför också denna litteraturstudie bör användas med ett kritiskt förhållningssätt. Som exempel på min subjektiva bedömning, kan det första exklusionskriteriet ”studien undersöker ryggmargsskadade personer som idrottare” nämnas – det har varit min subjektiva bedömning att avgöra vad begreppet *idrottare* innebär. Eftersom den här studien dock berör idrottare med ryggmargsskada har jag därför beslutat att utesluta undersökningar som undersöker endast stillasittande (sedentary) ryggmargsskadade personer vars enda fysiska aktivitet består av ADL, aktiviteter i det dagliga livet.

Trots att den systematiska litteraturstudien som metod ibland väcker kritik just för att man är hänvisad till andra forskares empiriska undersökningar och inte själv direkt får direkta empiriska undersökningsdata, anser jag att den i det här fallet är en metod som fyller sin funktion. Genom att välja artiklar som publicerats år 2002 och senare har jag avgränsat mitt material till så färskt som möjligt inom detta område. Det finns en del litteratur i ämnet från 1980- och 1990-talen och tidigare och en del av de artiklar jag använt i litteraturstudien använder dem som bakgrund och kompletterar äldre data med sina resultat. Under arbetet med litteraturstudien har jag fått den bilden att jag jobbat med det material som i dags dato finns att tillgå i ämnet och att resultaten i den här undersökningen är aktuella. Efter en överblick av den litteratur och forskning som finns på området kan jag konstatera att forskningen på 1970-talet och framåt först undersökt skillnader mellan ryggmargsskadade och icke-ryggmargsskadade idrottare och att det under 1990- och 2000-talen då den paralympiska rörelsen vuxit till sig, sedan blivit van-

ligare att undersöka specifika fysiologiska skillnader mellan ryggmärgsskadade idrottare med olika skadenivåer.

Såsom också Forsberg och Wengström (2008) påpekar, är det i litteraturstudien viktigt att göra noggranna etiska överväganden vid urval av artiklar och presentation av resultat. (Forsberg & Wengström 2008, s. 77) I den här litteraturstudien har jag strävat efter att opartiskt söka artiklar, gå igenom dem och presentera alla resultat som jag hittat i den form de presenteras i den ursprungliga studien. Jag har inte medvetet förvrängt eller endast delvis redogjort för resultat för att kunna besvara mina forskningsfrågor på något visst sätt. Jag har ärligt redogjort för de resultat jag hittat och inte plagierat någon annans text.

Jag funderade mycket kring hur jag skulle formulera forskningsfrågorna och beslöt att använda mig av två som kan ge ett förhållandevis brett svar på hur de fysiologiska egenskaper som är relevanta vid konditionstestning av uthållighetsprestationsförmågan beter sig hos ryggmärgsskadade idrottare. Med den första forskningsfrågan vill jag hålla en anknytning till den icke-handikappade idrottsvärlden och därmed kunna bereda möjlighet att jämföra resultaten i denna studie med aktuell forskning inom konditionstestning och uthållighetsförmåga överlag. Den andra forskningsfrågan undersöker mer specifikt och bevisar en hur komplex grupp de ryggmärgsskadade idrottare bildar, speciellt då man fördjupar sig i de fysiologiska parametrar som bestämmer uthållighetsprestationsförmågan. Genom dessa forskningsfrågor anser jag att den här litteraturstudien väl täcker det mest intressanta på det här området.

Under arbetets gång har jag också konfronterats med vissa svårigheter beträffande terminologin inom det här området. Min undersökning gäller dels ryggmärgsskadade som en grupp och dels också ryggmärgsskadade jämfört med idrottare utan ryggmärgsskada. För dessa har jag använt mig av termen icke-ryggmärgsskadad eller icke-handikappad, främst utgående från den litteratur jag hänvisar till. En icke-ryggmärgsskadad idrottare kan väl ha övriga skador medan en icke-handikappad idrottare inte har några funktionshinder alls. Jag uteslöt också i ett tidigt skede termen frisk, som i motsatspar främst kombineras med termen sjuk. En ryggmärgsskadad idrottare är ofta frisk trots sin skada och ordparet frisk-sjuk är inte relevant i denna kontext.

## 9 SLUTSATSER

Syftet med den här litteraturstudien var att undersöka de fysiologiska egenskaper som normalt konditionstestas ur den ryggmärgsskadade idrottarens perspektiv. Genom att närma mig problemet via mina två forskningsfrågor, har jag kunnat dra flera slutsatser beträffande det jag tog mig an att undersöka.

### 9.1 Slutsatser beträffande forskningsfrågorna

På den första forskningsfrågan ”*Hur skiljer sig de fysiologiska egenskaper som är relevanta i konditionstestning av uthållighetsprestationsförmågan hos ryggmärgsskadade idrottare jämfört med dessa hos icke-handikappade idrottare?*” finns många svar. För det första kan konstateras att de ryggmärgsskadade idrottare bildar en så pass komplex grupp att det inte på samma sätt som för icke-ryggmärgsskadade idrottare hittills fastställts några officiella referensvärden för de olika parametrar som konditionstestas. Flera forskningsresultat ger också att vältränade ryggmärgsskadade idrottare har bättre uthållighetsprestationsförmåga än otränade ryggmärgsskadade personer och att detta faktum beror på samma allmänna positiva tränings effekter som leder till motsvarande resultat hos icke-ryggmärgsskadade personer. Om detta råder dock olika uppfattning, speciellt finns det motstridiga forskningsresultat beträffande en ryggmärgsskadad idrottarens hjärtas förmåga att positivt anpassa sig till fysisk träning.

För det andra kan jag dra slutsatsen att hjärtfrekvensen inte är ett passande jämförbart mått på uthållighetsprestationsförmågan hos ryggmärgsskadade på samma sätt som hos icke-ryggmärgsskadade idrottare. Det linjära sambandet mellan  $HF_{max}$  och  $VO_{2max/peak}$  existerar delvis också bland ryggmärgsskadade idrottare, men främst bland paraplegiker med låg skadenivå hos vilka hjärtats innerveringar fortfarande fungerar normalt.

För det tredje kan jag konstatera att mätning av laktatnivåerna lämpar sig bra som ett instrument för att bestämma uthållighetsprestationsförmågan hos ryggmärgsskadade idrottare. Det har inte påvisats några olikheter mellan ryggmärgsskadade och icke-ryggmärgsskadade personer beträffande elimineringen av laktat i kroppens metabolism

eller energiprocesser och generellt anses energiprocesserna hos ryggmärghsskadade vara likadana som hos icke-ryggmärghsskadade idrottare.

För det fjärde drar jag slutsatsen att det i brist på färsk forskning beträffande ventilationen hos ryggmärghsskadade idrottare behövs mera forskning på området. Jag kan dock konstatera att ryggmärghsskadade idrottare överlag har sämre total lungkapacitet än icke-ryggmärghsskadade idrottare, vilket dels beror på skadenivån och därmed fysiologiska dysfunktioner och dels på att den sittande ställningen stör diafragma- och övrig andningsmuskulatur.

Den andra forskningsfrågan ”*Hur påverkar graden av ryggmärghsskada de olika fysiologiska egenskaper som normalt konditionstestas?*” ger också mycket mångsidiga svar. En av de mest övergripande slutsatserna är att uthållighetsprestationsförmågan bland ryggmärghsskadade idrottare, är mycket varierande och påverkas av den individuella skadenivån och -omfattningen och andra personliga karakteristika.

Beträffande hjärtfrekvensen som mätinstrument för uthållighetsprestationsförmågan kan jag konstatera att man med viss försiktighet kan använda  $HF_{max}$  som ett allmänt referensvärde bland paraplegiker med låg skadenivå, men att det blir sämre som jämförande parameter ju högre upp ryggmärghsskadan ligger och att  $HF_{max}$  inte egentligen alls är relevant som ett mått på uthållighetsprestationsförmågan hos tetraplegiska idrottare.

Jag kan också konstatera att den ryggmärghsskadade idrottaren kan uppnå bättre syreupptagningsförmåga ju lägre ner skadenivån ligger. Det är också av betydelse för syreupptagningen hur komplett skadan är och det finns stora individuella variationer i syreupptagningsförmåga som går över de gränser som den här litteraturstudiens resultat kan konstatera. Syreupptagningsförmågan är högre ju mer vältränad idrottaren är, vilket innebär att en vältränad tetraplegiker kan ha bättre syreupptagningsförmåga än en otränad paraplegiker.

En fjärde slutsats jag kan dra är att laktatmätningar är relativt tillförlitliga som mätinstrument bland ryggmärghsskadade idrottare och rekommenderas på basen av den här litteraturstudien. Det saknas aktuell forskning som fokuserar på ventilationen hos denna

grupp, men i alla fall kan konstateras att tetraplegiska idrottare uppvisar mer nedsatt lungkapacitet än paraplegiska idrottare, vilket antas bero på det sympatiska nervsystemets dyfunktion.

## **9.2 Övriga slutsatser**

Slutligen kan jag konstatera att den mest aktuella frågan som framgår ur litteraturstudiens artiklar är i vilken grad de autonoma funktionerna fungerar hos ryggmärgsskadade idrottare. I klassificering av paralympiska idrottare bestäms motoriska och neurologiska skadenivåer och -omfattningar men alla de autonoma, bl.a. vasomotoriska, funktionerna undersöks inte. Dessa autonoma funktioner har stor betydelse för bl.a. blodtrycket hos de ryggmärgsskadade idrottarna och deras dysfunktion kan variera mycket hos idrottare med annars samma skadenivå och -omfattning i samma klass. Pinfärska forskningsresultat visar att det här är en mycket viktig faktor för uthållighetsprestationsförmågan hos ryggmärgsskadade idrottare och att det klart rekommenderas att också de autonoma funktionerna bör undersökas då ryggmärgsskadade idrottare klassificeras för tävling.

En annan viktig slutsats jag kan dra utgående från litteraturstudien är att dysfunktioner i värmeregleringen är en viktig faktor för uthållighetsprestationsförmågan hos ryggmärgsskadade idrottare och att de korrelerar med skadenivån så att det är ett större problem hos tetraplegiker än hos paraplegiker.

En tredje slutsats är att bristen på referensvärden i konditionstestning bland ryggmärgsskadade idrottare inte bara beror på att gruppen har så mycket individuella faktorer som påverkar resultaten, utan också på att det utförs konditionstest med så många olika metoder. Standardiserade utrustningar och mätinstrument skulle vara viktiga i framtida forskning, om man strävar efter att kunna börja jämföra ryggmärgsskadade idrottares resultat i testning av uthållighetsprestationsförmågan sinsemellan.

## **9.3 Framtida forskning**

Som jag redan konstaterat, utgör de ryggmärgsskadade idrottare en mycket heterogen grupp. I framtiden skulle det vara av stor vikt om mer standardiserad utrustning används.



des då ryggmärgsskadade idrottare undersöks. Detta kunde ge bättre möjligheter till mer jämförelsebara resultat och så småningom tillförlitliga referensvärden.

En intressant forskningsfråga som vissa undersökningar lite nuddar i, är den om återhämtning. Återhämtningen hos ryggmärgsskadade idrottare är ett ganska outforskat område än så länge och med tanke på hur stor roll återhämtningen på senaste tiden börjat spela i toppidrotten överlag, finns här mycket att utforska.

Det skulle också vara viktigt att fortsätta undersöka hjärtats förmåga att positivt anpassa sig till fysisk träning hos ryggmärgsskadade idrottare. Det finns resultat som visar att tränade ryggmärgsskadade idrottare har bättre uthållighetsprestationsförmåga än otränade, men ingen entydig konsensus som klart visar vilken roll hjärtats anpassningsförmåga spelar.

En sista reflektion beträffande fysiologiska likheter och skillnader mellan ryggmärgsskadade och icke-ryggmärgsskadade idrottare, är att mycket av dagens forskning baserar sig på litteratur från flera årtionden tillbaka. Det har hänt mycket i exempelvis forskningen om laktat under bara det senaste årtiondet, som säkert kunde tillföra den här typen av jämförande forskning något. Det föreligger alltså en viss risk att en del tidigare jämförande forskning är föråldrad och borde genomgå en uppdatering.

## KÄLLOR

Abel, T.; Schneider, S.; Platen, P. & Strüder, H. K. 2006: Performance diagnostics in handbiking during competition. *Spinal Cord*, International Spinal Cord Society, Nr 44, s. 211-216.

Annerstedt, Claes & Gjerset, Asbjørn 1997: *Idrottens träningslära*, SISU Idrottsböcker – Idrottens förlag, 464s.

Ashton-Shaeffer, Candace; Gibson, Heather J.; Autry, Cary E. & Hanson, Carolyn S. 2001: Meaning of Sports to Adults with Physical Disabilities: A Disability Sport Camp Experience. *Sociology of Sport Journal*, Human Kinetics Publishers, nr 18, s. 95-114

Barfield, J. P.; Malone, Laurie A.; Collins, Jill M. & Ruble, Stephen B. 2005: Disability Type Influences Heart Rate Response during Power Wheelchair Sport, *Medicine & Science in Sports & Exercise*, American College of Sports Medicine, Vol. 37, No. 5, s. 718-723.

Bernardi, Marco & Schena, Federico 2011: Preparation for the Paralympic Winter Games: cold, altitude. I Vanlandewijck, Yves C. & Thompson, Walter R. red.: *The Paralympic Athlete, Handbook of Sports Medicine and Science*. Wiley-Blackwell, An IOC Medical Commission Publication, 294 s.

Bhambhani, Yagesh 2002: Physiology of Wheelchair Racing in athletes with Spinal Cord Injury. *Sports Medicine*, Adis International, Volume 32, nr 1, s. 23-51.

Bhambhani, Yagesh; Forbes, Scott; Forbes, Janet; Craven, Bruce; Matsuura, Cristiane & Rodgers, Carol 2012: Physiologic Responses of Competitive Canadian Cross-Country Skiers With Disabilities. *Clinical Journal of Sport Medicine*, Lippincott, Williams & Wilkins, Vol. 22, Nr 1, s. 31-38.

Campbell, Ian G.; Williams, Clyde & Lakomy, Henryk K. A. 2003: Physiological and metabolic responses of wheelchair athletes in different racing classes to prolonged exercise. *Journal of Sport Sciences*, Taylor & Francis Ltd, Nr 22, s. 449-456.

Chang, Ik Young; Crossman, Jane; Taylor, Jane & Walker, Diane 2011: One world, One Dream: A Qualitative Comparison of the Newspaper Coverage of the 2008 Olympic and Paralympic Games. *International Journal of Sport Communication*, Human Kinetics, nr 4, s. 26-49

Edwards, Steven D. & McNamee, Mike J. 2011: Philosophy. Kapitel 5 ur Vanlandewijck, Yves C. & Thompson, Walter R. red. 2011: *The Paralympic Athlete, Handbook of Sports Medicine and Science*. Wiley-Blackwell, An IOC Medical Commission Publication, 294 s.

Forsberg, Christina & Wengström, Yvonne 2008: *Att göra systematiska litteraturstudier. Värdering, analys och presentation av omvårdnadsforskning*. 2. utgåvan, Natur & Kultur, Stockholm. 216 s.

Gass, E. M.; Gass, C. G. & Pitetti, K. 2002: Thermoregulatory responses to exercise and warm water immersion in physically trained men with tetraplegia. *Spinal Cord*, International Spinal Cord Society, Nr 40, s. 474-480.

Goosey-Tolfrey, Vicky red. 2010: *Wheelchair Sport. A complete guide for athletes, coaches and teachers*. Human Kinetics, 211 s.

Goosey-Tolfrey, Victoria L.; Batterham, Alan, M. & Tolfrey, Keith 2003: Scaling Behavior of VO<sub>2</sub>peak in Trained Wheelchair Athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, American College of Sports Medicine. Vol. 35, No. 12, s. 2106-2111.

Goosey-Tolfrey, V.; Castle, P. & Webborn, N. 2006: Aerobic capacity and peak power output of elite quadriplegic games players. *British Journal of Sports Medicine*, 40:684-687.

Goosey-Tolfrey, Vicky & Price, Mike 2010: Physiology of Wheelchair Sport. I Goosey-Tolfrey red.: *Wheelchair Sport. A complete guide for athletes, coaches and teachers*. Human Kinetics, 211 s.

Hjeltnes, Nils 2008: Ryggmärgsskada. Kapitel 41 ur *FYSS 2008 (Fysisk aktivitet i sjukdomsprevention och sjukdomsbehandling)*, Statens folkhälsoinstitut. Hämtad 6.8.2013 <http://fyss.se/wp-content/uploads/2011/02/41.-Ryggmärgsskada.pdf>

Hutzler, Yeshayahu "Shayke"; Meckell, Yoav & Berzen, Judith: Aerobic and anaerobic power. I Vanlandewijck, Yves C. & Thompson, Walter R. red. 2011: *The Paralympic Athlete, Handbook of Sports Medicine and Science*. Wiley-Blackwell, An IOC Medical Commission Publication, 294 s.

Leicht, C. A.; Bishop, N. C. & Goosey-Tolfrey, V. L. 2012: Submaximal exercise responses in tetraplegic, paraplegic and non spinal cord injured elite wheelchair athletes. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, John Wiley & Sons A/S, Nr 22, s. 729-736.

Lovell, Dale; Shields, Darron; Beck, Belinda; Cuneo, Ross & McLEllan, Chris 2012: The aerobic performance of trained and untrained handcyclists with spinal cord injury. *European Journal of Applied Physiology*, Springer-Verlag, Nr 112, s. 3431-3437.

Maggioni, M. A.; Ferratini, M.; Pezzano, A.; Heyman, J. E.; Agnello, L.; Veicsteinas, A. & Merati, G. 2012: Heart adaptations to long-term aerobic training in paraplegic subjects: an echocardiographic study. *Spinal Cord*, International Spinal Cord Society, Nr 50, s. 539-542.

McArdle, William; Katch, Frank I. & Katch, Victor L. 2010: *Exercise Physiology. Nutrition, energy and human performance*. 7. Edition, Wolters Kluwer, Lippincott, Williams & Wilkins, 1038 s.

Michalsik, Lars & Bangsbo, Jens 2004: *Aerob och anaerob träning*, SISU Idrottsböcker – Idrottens förlag, 261 s.

Piispanen, Toni 2013: Lontoon paralympialaiset – kuinka he sen tekivät? *Liikunta & Tiede*, Liikuntatieteellinen Seura ry, Årgång 50 nr 1/2013, s. 29-30.

Price, Michael J. & Campbell, Ian G. 2003: Effects of Spinal Cord Lesion Level upon Thermoregulation during Exercise in the Heat. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, American College of Sports Medicine, Vol. 35, No. 7, s. 1100-1107.

Price, Mike; Crosland, Jeanette & Webborn, Nick 2010: The Travelling Athlete. I Goosey-Tolfrey red.: *Wheelchair Sport. A complete guide for athletes, coaches and teachers*. Human Kinetics, 211 s.

Schumacher, Yorck Olaf; Ruthardt, Sebastian; Schmidt, Michael; Ahlgrim, Christoph, Roecker, Kai & Pottgiesser, Torben 2009: Total haemoglobin mass but not cardiac volume adapts to long-term endurance exercise in highly trained spinal cord injured athletes. *European Journal of Applied Physiology*, Springer-Verlag, Nr 105, s. 779-785.

Thompson, Walter R. ed. 2010: *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. 8. Edition*, American College of Sports Medicine, Wolters Luwer Helath, Lippincott, Williams & Wilkins, 380 s.

Tweedy, Sean & Diaper, Nicholas 2010: *Introduction to Wheelchair Sport*. I Goosey-Tolfrey red.: *Wheelchair Sport. A complete guide for athletes, coaches and teachers*. Human Kinetics, 211 s.

Tweedy, Sean & Howe, David P. 2011: Introduction to the Paralympic Movement. I Vanlandewijck, Yves C. & Thompson, Walter R. red. 2011: *The Paralympic Athlete, Handbook of Sports Medicine and Science*. Wiley-Blackwell, An IOC Medical Commission Publication, 294 s.

van der Woude, L.H.V., Bouten, C., Veeger, H.E.J. & Gwinn, T. 2002: Aerobic Work Capacity in elite Wheelchair Athletes. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, Lippincott, Williams & Wilkins, Vol. 81, no. 4, s. 261-271.

Vanlandewijck, Yves C. & Thompson, Walter R. red. 2011: *The Paralympic Athlete, Handbook of Sports Medicine and Science*. Wiley-Blackwell, An IOC Medical Commission Publication, 294 s.

West, Christopher R.; Campbell, Ian G.; Shave, Robert E. & Romer, Lee M. 2012: Resting Cardiopulmonary Function in Paralympic Athletes with Cervical Spinal Cord Injury. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, American College of Sports Medicine, Vol. 44, No. 2, s. 323-329.

West, Christopher R.; Wong, Shirley C. & Krassioukov, Andrei V. 2013a: Autonomic Cardiovascular Control in Paralympic Athletes with Spinal Cord Injury. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, American College of Sports Medicine, Accepted for publication 27 May 2013.

West, Christopher R.; Romer, Lee M. & Krassioukov, Andrei V. 2013b: Autonomic Function and Exercise Performance in Elite Athletes with Cervical Spinal Cord Injury, *Medicine & Science in Sports & Exercise*, American College of Sports Medicine, February 2013, Vol. 45, Issue 2, s. 261-267.

Willick, Stuart & Webborn, Nick 2011: Medicine. Kapitel 4 ur Vanlandewijck, Yves C. & Thompson, Walter R. red. 2011: *The Paralympic Athlete, Handbook of Sports Medicine and Science*. Wiley-Blackwell, An IOC Medical Commission Publication, 294 s.

Åstrand, Per-Olof; Rodahl, Kaare; Dahl, Hans A. & Strømme, Sigmund B. 2003: Textbook of Work Physiology. Physiological Bases of Exercise. 4. Upplagan. Human Kinetics, 649 s.

